



INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

José Renato Paralvas Teixeira Faria

**PROJETO 6 SIGMA NO PROCESSO DE EMBALAMENTO DE CEREAIS DE
PEQUENO ALMOÇO**

Controlo Metrológico

Dissertação de Mestrado

Empreendedorismo e Inovação na Indústria Alimentar

MAIO DE 2018

**PROJETO 6 SIGMA NO PROCESSO DE EMBALAMENTO DE CEREAIS DE
PEQUENO ALMOÇO**

Controlo Metrológico

Dissertação de Mestrado

Empreendedorismo e Inovação na Indústria Alimentar

*“É do Conhecimento que nasce a vantagem competitiva de um
negocio e tê-lo é abrir as portas para se chegar a número 1”*

Ricardo Anselmo de Castro

Orientação

Professor Doutor Manuel Rui Alves

Professora Doutora Carla Barbosa

AGRADECIMENTOS

À Cerealís pela oportunidade para a realização do projeto em ambiente industrial e pelas ótimas condições de trabalho para o desenvolvimento das competências profissionais e pessoais durante o projeto.

Ao responsável pela área de embalamento de cereais de pequeno almoço na Cerealís, Engenheira Francisca Magalhães, pela sua disponibilidade e interesse para que o projeto decorresse de acordo com o planeado e os resultados pretendidos fossem atingidos.

s Chefes de Linha Irene Silva e Sara Ferreira pela ajuda exaustiva na recolha de dados, bem como na melhor prospeção do funcionamento de todo o processo e a todos os operadores que de uma maneira ou outra contribuíram para que os resultados positivos fossem atingidos.

Aos meus orientadores na Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Professor Doutor Manuel Rui Alves e Professora Doutora Carla Barbosa, pela sua disponibilidade, método de trabalho e sugestões para que soluções fossem atingidas. As suas instruções estão presentes ao longo da dissertação, através da sua supervisão e ensinamentos.

A todos os docentes com quem tive a oportunidade de travar conhecimento e pelos ensinamentos transmitidos ao longo dos anos em que estudei na Escola Superior de Tecnologia e Gestão.

Aos meus pais e irmã, pelo apoio prestado para que tudo decorresse da melhor forma ao longo da minha vida. A disponibilidade e conselhos sinceros ajudam a que a evolução pessoal e profissional seja atingida continuamente.

RESUMO

Esta dissertação apresenta a implementação das etapas do método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) no desenvolvimento de um projeto Seis Sigma numa indústria alimentar, nomeadamente na secção de embalamento de cereais de pequeno almoço.

O objetivo do projeto Seis Sigma foi estudar o processo de embalamento de cereais de pequeno almoço de modo a reduzir a variabilidade do peso médio das embalagens, podendo assim ajustar os parâmetros das balanças multicabeçais às especificações legais, garantindo, por um lado, o cumprimento da lei e consequente proteção do consumidor e por outro lado, a proteção dos interesses da empresa. O trabalho aplicou-se essencialmente aos produtos *pétalas de chocolate* e *estrelas mel* nas diferentes gramagens embaladas nas linhas 3 e 4.

Neste trabalho são apresentadas as principais técnicas estatísticas e ferramentas da qualidade utilizadas nas cinco etapas do método DMAIC, tais como diagrama de causa e efeito, representações gráficas, e diversas técnicas estatísticas relativas à análise, caracterização e controlo de processos. Abordam-se também todos os critérios a que a lei obriga ao controlo metrológico dos produtos alimentares pré-embalados.

A pesquisa desenvolvida de forma participativa, através da interação entre o pesquisador e os colaboradores, evidenciou a importância do conhecimento técnico do processo e um bom planeamento para a aquisição dos dados, como pontos importantes para a realização de um projeto de melhoria bem-sucedido.

A análise dos dados históricos e dos dados presentes resultantes mostrou que a empresa estava a embalar quantidades em excesso, relativamente às quantidades nominais, como forma de ultrapassar alguma dificuldade no estudo e caracterização da capacidade do processo desenvolvido pelas balanças multicabeçais. O estudo de cada linha de embalamento em vários produtos e em diferentes quantidades nominais permitiu uma boa perceção do processo, determinando as causas comuns de variabilidade nos parâmetros do processo. Foi também possível estudar, tipificar e remover diferentes causas especiais da variabilidade.

Na sequência deste trabalho foram feitas várias propostas de melhoria, que foram implementadas com sucesso, permitindo colocar o processo em funcionamento sob controlo estatístico, diminuindo desperdícios, retrabalho e simultaneamente garantindo o cumprimento das disposições legais em vigor relativas ao controlo metrológico dos géneros alimentícios pré-embalados.

PALAVRAS CHAVE

Seis Sigma, DMAIC, peso médio, peso nominal, estrelas de mel, pétalas de chocolate, controlo metrológico, controlo do peso, pré-embalados.

ABSTRACT

This dissertation presents the implementation of the steps of the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) method in the development of a Six Sigma project in a food industry, namely in the breakfast cereal packaging section.

The objective of the Six Sigma project was to study the breakfast cereal packaging process in order to reduce the variability of the average weight on the packages, thus adjusting the parameters of the packing machines to the legal specifications, ensuring, on the one hand, compliance with the law and consequent protection of consumer and, on the other hand, the protection of the company's interests. The work was essentially applied to the *chocolate petals and honey stars* in the different nominal weights packed in lines 3 and 4.

On this paper we present the main statistical techniques and quality tools used in the five stages of the DMAIC method, such as brainstorming, cause and effect diagrams, graphical representations, and several statistical techniques related to process analysis, characterization and control. All the criteria to which the law requires prepackaged food products are also covered.

The research developed in a participatory way, through the interaction between researcher and the collaborators, showed the importance of the technical knowledge of the process and a good planning for the data acquisition, as important points carry out a successful improvement project.

Analysis of historical and present data from packing machines showed that the company was packing quantities in excess of the nominal quantities as a way of overcoming some of the difficulties in the study and control the process capabilities the work carried out by the packing machines. The study of each packer in several products and in different nominal quantities allowed a good perception of the process, determining the common causes of variability in the process parameters. It was also possible to study, typify and remove different special causes of variability.

Following this work, a number of improvement proposals were successfully implemented, allowing the packing machines to operate under statistical control, reducing waste, reworking and simultaneously ensuring compliance with the legal provisions in force regarding the metrological control of pre- Packaged foods.

KEY-WORDS

Six Sigma, DMAIC, Average Weight, Nominal Weight, Honey Stars, Chocolate Petals, Metrological Control, Weight Controller, Pre-packaged foods.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	ENQUADRAMENTO	2
1.2.	TEMA E OBJETIVOS	4
1.3.	MOTIVAÇÃO	5
1.4.	METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	6
1.5.	ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO	6
1.6.	FONTES E PESQUISA BIBLIOGRÁFICAS.....	7
1.7.	CLARIFICAÇÃO DOS TÓPICOS DE INVESTIGAÇÃO	8
1.8.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	9
2.	REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA	10
2.1.	SEIS SIGMA.....	10
2.1.1.	A origem do seis sigma.....	10
2.1.2.	Filosofia seis sigma.....	11
2.2.	AS MÉTRICAS DO SEIS SIGMA	12
2.3.	ESCALA SIGMA.....	15
2.4.	SELEÇÃO DO PROJETO SEIS SIGMA	15
2.5.	BENEFÍCIOS DO SEIS SIGMA.....	16
2.6.	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS SIGMA	18
2.7.	METODOLOGIA DMAIC	19
2.8.	CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO	20
2.8.1.	Definição do controle estatístico do processo	21
2.8.2.	Implementação do controle estatístico do processo	22
2.8.3.	Subgrupos racionais	22
2.8.4.	Cartas de controlo para variáveis.....	23
2.8.5.	Interpretação da estabilidade do processo	26
2.8.6.	Estudos da capacidade e desempenho do processo	27

2.9.	ENQUADRAMENTO LEGAL.....	30
2.9.1.	Legislação Aplicável.....	30
2.9.2.	Como são realizados os ensaios previstos na portaria 1198/91 de 18 de Dezemb.	32
2.9.3.	Planos de amostragem	35
2.9.3.1.	Planos de amostragem simples	36
2.9.3.2.	Planos de amostragem duplos	37
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.	CASO DE ESTUDO	39
4.1.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	39
4.2.	APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC	42
4.2.1.	Definir	42
4.2.1.1.	Titulo do projeto	42
4.2.1.2.	Descrição do problema.....	43
4.2.1.3.	Consequências deste problema para os resultados da empresa	43
4.2.1.4.	Project Charter	44
4.2.2.	Medir.....	45
4.2.2.1.	Brainstorming	46
4.2.2.2.	Recolha de dados	47
4.2.3.	Analisar.....	47
4.2.3.1.	Análise da variação do peso médio ao longo da produção	47
4.2.3.2.	Cálculo da estimativa do desvio padrão comum	54
4.2.3.3.	Capacidade do processo	56
4.2.3.4.	Determinação do nível sigma	57
4.2.4.	Melhorar	58
4.2.4.1.	Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo depois da intervenção.	60
4.2.4.2.	Cálculo da estimativa do desvio padrão comum	67

4.2.4.3.	Capacidade do Processo	69
4.2.4.4.	Nível Sigma.....	71
4.2.5.	Controlar	72
5.	CONCLUSÃO	79
5.1.	SUGESTÕES DE MELHORIA	81
6.	BIBLIOGRAFIA	82
7.	ANEXOS	87

ÍNDICE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do DPMO	14
Equação 2 - Cálculo do PPM observados.....	14
Equação 3 - Cálculo do PPM estimados	14
Equação 4 - Fórmula de calculo da capacidade do processo a curto prazo.....	28
Equação 5 - Fórmula de cálculo da capacidade do processo a longo prazo	29
Equação 6 - Fórmula de calculo da estimativa da média.....	29
Equação 7- Fórmula de calculo da estimativa do desvio padrão global	29
Equação 8 - Fórmula de calculo da estimativa do desvio padrão comum.....	29
Equação 9- Probabilidade de aceitação numa amostragem simples.....	36
Equação 10 - Probabilidade de aceitação numa amostragem dupla.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Relação das participações sociais do grupo Cerealis	3
Figura 2- Logotipo da Marca	4
Figura 3 - Curva de distribuição normal ilustrando a diferença entre processos 3σ e 6σ	12
Figura 4 - Exemplo de carta de controlo para médias	25
Figura 5 - Exemplo de carta de controlo para amplitudes.....	25
Figura 6 – Balança Multicabeçal	40
Figura 7 - Taras de películas - controladora de peso	41
Figura 8 - Pétalas de chocolate.....	42
Figura 9 - Estrelas de mel	42
Figura 10 - Diagrama de causa-efeito.....	46
Figura 11 - Variação do peso médio das pétalas de 300g ao longo do tempo	48
Figura 12 - Variação do peso médio das pétalas de 500g ao longo do tempo	48
Figura 13 - Variação do peso médio das pétalas de 1000g ao longo do tempo	49
Figura 14 - Variação do peso médio das pétalas de 375g ao longo do tempo.....	50
Figura 15 - Variação do peso médio das estrelas de 300g ao longo do tempo.....	51
Figura 16 - Variação do peso médio das estrelas de 375g ao longo do tempo.....	51
Figura 17 - Variação do peso médio das estrelas de 1000g ao longo do tempo	52
Figura 18 - Variação do peso médio das estrelas de 375g ao longo do tempo.....	53
Figura 19- Pó de estrelas nas pás doseadoras	58
Figura 20 - Pó das estrelas de mel nas balanças	59
Figura 21 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das pétalas de 300g, antes e depois da intervenção	60
Figura 22 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das pétalas de 500g, antes e depois da intervenção	61

Figura 23 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das pétalas de 375g, antes e depois da intervenção	62
Figura 24 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das pétalas de 1000g, antes e depois da intervenção	63
Figura 25 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das estrelas de 300g, antes e depois da intervenção	64
Figura 26 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das estrelas de 375g, antes e depois da intervenção	65
Figura 27 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das estrelas de 1000g, antes e depois da intervenção	66
Figura 28 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das estrelas de 375g, antes e depois da intervenção	67
Figura 29- Carta de controlo de médias para pétalas com QN 300g, embaladas na linha 3.....	73
Figura 30 - Carta de controlo de médias para pétalas com QN 500g, embaladas na linha 3.....	73
Figura 31 - Carta de controlo de médias para pétalas com QN 375g, embaladas na linha 4.....	74
Figura 32 - Carta de controlo de médias para pétalas com QN 1000g, embaladas na linha 4 ...	74
Figura 33 - Carta de controlo de médias para estrelas com QN 300g, embaladas na linha 3	75
Figura 34 - Carta de controlo do desvio padrão para estrelas com QN 375g, embaladas na linha 3.....	75
Figura 35 - Carta de controlo de médias para estrelas com QN 1000g, embaladas na linha 4..	76
Figura 36 - Carta de controlo de médias para estrelas com QN 375g, embaladas na linha 4	76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de aceitação do peso nominal de acordo com o Dec. Lei 199/2008 e Retificação 71/2008	33
Tabela 2 - Produção anual de estrelas de mel e pétalas de chocolate nas diferentes gramagens	43
Tabela 3 - Lucro anual previsto nos diferentes produtos e diferentes gramagens	44
Tabela 4 – Documento de autorização de projeto.....	45
Tabela 5 - Valores da estimativa do desvio padrão comum nas diferentes gramagens.....	54
Tabela 6 - Valores da média ponderada nas diferentes gramagens	55
Tabela 7 - Erro admissível para as quantidades nominais em estudo (adaptado da Portaria 198/91).....	55
Tabela 8 - Valores da capacidade do processo	56
Tabela 9 - Nível sigma do processo atual.....	58
Tabela 10 - Valores da estimativa do desvio padrão comum nas diferentes gramagens, após intervenção (limpeza e calibração).....	67
Tabela 11 - Valores da média ponderada nas diferentes gramagens antes e após intervenção (limpeza e calibração).....	68
Tabela 12 - Diferença de Valores da média ponderada nas diferentes gramagens de estrelas de mel e pétalas de chocola, antes e após intervenção (limpeza e calibração).....	68
Tabela 13 - Valores da capacidade do processo após intervenção (limpeza e calibração).....	70
Tabela 14 – Valores do nível sigma após intervenção (limpeza e calibração)	71

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a qualidade dos serviços e produtos tornou-se uma área relevante para os gestores e investigadores devido ao seu forte impacto na satisfação e lealdade do cliente, desempenho e lucro das empresas e custos inferiores (Seth, Deshmukh e Vrat, 2005). A qualidade de serviço ou produto pode ser definida como o resultado da comparação entre as expectativas do cliente e a sua perceção do produto ou modo como o serviço foi efetuado (Caruana, 2000).

Os modelos de gestão da qualidade evoluíram e difundiram-se ao longo do último século. A área consolidou-se nos Estados Unidos em meados do Séc. XX, com o aparecimento da primeira associação de profissionais da área de qualidade - a *Society of Quality Engineers*, em 1945 e, posteriormente, da *American Society for Quality Control* (ASQC) em 1946, atualmente *American Society for Quality* (ASQ). Pouco depois, em 1950, também seria criada a associação japonesa de cientistas e engenheiros, a *Japan Union of Scientists and Engineers* (JUSE), com papel importante na área de qualidade (Carvalho e Paladini, 2005).

Os cientistas da área de qualidade tiveram muita influência nas organizações como é o caso de Juran, Feingenbaum, Deming, Crosby, Ishikawa, dentre outros (Juran e Gryna, 1992; Feingenbaum, 1954; Deming, 1990; Crosby, 1990; Ishikawa, 1997). A abordagem da qualidade nas organizações, passou por várias eras desde um enfoque na inspeção, passando pelo controle, garantia e gestão da qualidade (Garvin, 1988).

Uma das ferramentas da qualidade mais recentes desenvolvidas no âmbito da Gestão da Qualidade surgiu no final da década de 1980, na Motorola, chamada Seis Sigma. Trata-se de uma metodologia que incorpora várias características de modelos e ferramentas anteriores, como o pensamento estatístico típico da época, para solução de problemas na produção, com o objeto de reduzir o número de defeitos, apresentando uma preocupação com o uso sistemático das ferramentas estatísticas, seguindo um ciclo batizado de Define-Measure-Analyse-Improve-Control (DMAIC), sigla que representa as etapas de definir, medir,

analisar, melhorar e controlar (Carvalho e Paladini 2005). Estes autores ressaltam, contudo, que esse método vai além do pensamento estatístico, pois promove um alinhamento estratégico da qualidade, desdobrada em projetos prioritários. Além disso, existe forte ênfase na relação custo benefício dos projetos de melhoria, cujos ganhos, em algumas empresas, somam quantias expressivas. Ressalte-se que a metodologia proposta, extremamente disciplinada e prescritiva, direciona o desenvolvimento de processos, produtos e serviços com um índice de 3,4 defeitos por milhão.

A qualidade dos serviços e/ou produtos tem ganho importância crescente para empresas que desejam melhorar os seus serviços e produtos num ambiente de alta competitividade. O objetivo da metodologia Seis Sigma é melhorar a qualidade através da redução de desperdícios (aumento da precisão) nos processos de fabrico, conduzindo à diminuição de defeitos que causam a insatisfação do cliente. Um defeito pode ser descrito como um desvio ou erro de processo que leva à diminuição da satisfação do cliente. Kotler afirma que *“os clientes são escassos, e sem eles a empresa deixará de existir”*, e que *“o cliente deve ser o foco principal de uma organização, sendo ele quem define qualidade”* (Kotler, 1997).

Na prática industrial um defeito é um produto cujas características excedem os limites das especificações.

1.1.ENQUADRAMENTO

O projeto de dissertação de mestrado foi realizado na empresa CEREALIS – PRODUTOS ALIMENTARES, S.A.»

A 8 de Fevereiro de 1919 foi fundada a Amorim Lage, Lda. – por José Alves e Amorim e Manuel Gonçalves Lage. Esta empresa, de raiz eminentemente familiar, iniciou a sua atividade na indústria de moagem de trigo, produzindo farinhas de trigo para panificação, sob a marca Paradense, numa (à altura) moderna unidade industrial instalada na Maia, utilizando as mais recentes máquinas e diagramas de fabrico. Através desta ligação familiar, cessava a atividade moageira da família Lage, que produzia farinhas há mais de 50 anos, e

começava o desenvolvimento de um grande grupo industrial. Em 2005, deu-se a reestruturação do Grupo Amorim Lage e das subsidiárias Milaneza, Nacional e Harmonia, tendo surgido a Cerealis, SGPS, S.A., Cerealis Produtos Alimentares, S.A, Cerealis Moagens, S.A. e Cerealis Internacional, S.A.

O grupo passou igualmente a ter uma nova designação e identidade “CEREALIS” com o objetivo de ter uma identidade única das empresas e dos negócios, reforçar a ligação à alimentação, aos cereais e à natureza pelo nome e a internacionalização. Atualmente a relação das participações sociais do grupo é a seguinte (Figura 1):

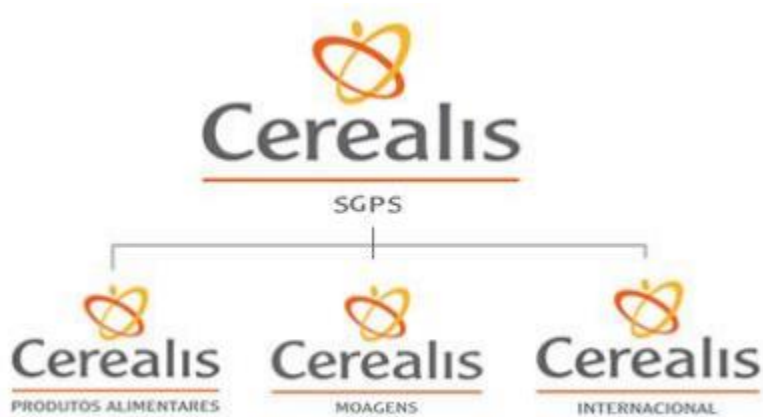


Figura 1 - Relação das participações sociais do grupo Cerealis

A Cerealis SGPS, S.A. gere as participações sociais do grupo, prestando-lhe, entre outros serviços, apoio nas áreas jurídicas, sociais e financeiras. A Cerealis Produtos Alimentares, S.A. é uma empresa vocacionada para a produção e comercialização de produtos destinados ao consumidor final, nomeadamente massas alimentícias, bolachas, cereais de pequeno-almoço, farinhas de usos culinários e produtos refrigerados. A Cerealis Moagens, S.A. é uma empresa vocacionada para a produção e comercialização de farinhas de trigo e centeio.

A Cerealis Internacional Comércio de Cereais e Derivados, S.A. é a trading que assegura a compra de cereais para a sua transformação nas empresas do grupo e a exportação dos seus produtos.

Este trabalho de mestrado foi desenvolvido na unidade industrial de embalamento de cereais de pequeno almoço na cidade da Trofa, a antiga Nacional. Sendo uma marca portuguesa com valioso património histórico, a Nacional tem acompanhado a evolução dos estilos de vida e hábitos dos consumidores.



Figura 2- Logotipo da Marca

Há mais de 160 anos que a marca tem vindo a partilhar histórias e momentos saborosos com os portugueses, disponibilizando os melhores produtos, selecionando os melhores ingredientes, baseando-se na experiência e “saber fazer” de séculos.

1.2. TEMA E OBJETIVOS

O tema desta dissertação versa a aplicação da metodologia Seis Sigma ao processo de embalamento de cereais de pequeno almoço.

O objetivo principal deste trabalho é reduzir a variabilidade de peso nas embalagens de cereais de pequeno almoço, para tal recorre-se ao desenvolvimento de um projeto de melhoria no controlo metrológico com a utilização do método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) integrado na metodologia Seis Sigma.

Os objetivos específicos estão relacionados com:

- Apresentar uma visão sobre o programa a metodologia Seis Sigma; o DMAIC e as principais técnicas e ferramentas estatísticas utilizadas na sua implementação;
- Apresentar e comentar técnicas e utilização prática do método DMAIC, apresentando as atividades desenvolvidas, as ferramentas utilizadas e os resultados obtidos em cada etapa do método;

- Identificar e priorizar as variáveis do processo que estão mais relacionadas com a variabilidade do peso das embalagens.
- Diminuir e controlar a variabilidade do processo de embalamento, respeitando a legislação em vigor e simultaneamente aumentando os lucros da empresa.

1.3.MOTIVAÇÃO

A empresa Cerealis tem a percepção de que um dos principais requisitos para o sucesso da organização passa por promover um elevado nível de satisfação e lealdade do cliente e desta forma ir sempre de encontro às suas expectativas e necessidades. Outro fator essencial é garantir o cumprimento de toda a legislação em vigor no que diz respeito à qualidade e segurança alimentar.

No mundo atual as organizações têm de estar preparadas para reagir rapidamente às mudanças, pois os desafios competitivos derivam dos requisitos da qualidade dos produtos e serviços por parte dos consumidores. As metodologias de melhoria contínua, como o Seis Sigma, assumem um papel de destaque como meios de “sobrevivência” e de manutenção da vantagem competitiva sobre a concorrência.

Uma vez que a empresa produz uma vasta gama de cereais de pequeno almoço, em diferentes gramagens e em várias máquinas, numa situação de controlo difícil, foi optando por não tentar otimizar o processo de embalamento, mas apenas embalar quantidades acima do necessário, como forma de garantir o cumprimento da legislação. Esta prática afeta não o cliente (que pode até ter vantagens), mas sim a empresa. Deste modo considerou-se importante procurar a melhor forma de reduzir a variabilidade no processo de embalamento, trazendo menos desperdício para a empresa, mantendo da mesma forma os níveis altos de qualidade para o cliente.

1.4.METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A definição e a escolha da metodologia são uma fase muito importante pois é através desta que se constroem os alicerces em que se fundamenta a investigação a desenvolver.

O principal objetivo deste capítulo é descrever e justificar a metodologia de estudo adotada neste projeto de investigação.

Patel e Davidson (1994) definem a metodologia como tudo o que está relacionado com as atividades envolvidas na pesquisa, enquanto que Saunders et al. (2007) afirmam que a metodologia de investigação pretende auxiliar na condução da investigação e participar na elaboração de uma estratégia adequada, de modo a atingir-se todos os objetivos propostos. A metodologia Seis Sigma, ao incorporar o método DMAIC, cumpre dois objetivos: por um lado, na perspetiva Seis Sigma, estuda problemas industriais, recorrendo a métodos estatísticos para os caracterizar e avaliar sobre as melhorias conseguidas; por outro lado, na perspetiva DMAIC, garante a integração dos projetos desenvolvidos no âmbito da empresa e o seu alinhamento com a sua missão e visão.

1.5. ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO

Durante o desenvolvimento deste trabalho foi aplicada a metodologia de pesquisa bibliográfica, utilizando como fontes de consulta livros e artigos publicados. A pesquisa bibliográfica serve como suporte teórico para o desenvolvimento de ideias bem como a comparação das diferentes visões de autores e especialistas da área. Assim existe a necessidade de se utilizar o conhecimento prévio para a realização de qualquer atividade de pesquisa (Cervo et al. 2007).

Outra metodologia utilizada para responder à proposta e objetivos estabelecidos foi a metodologia pesquisa-ação. A pesquisa-ação é uma investigação iniciada para resolver um problema, denominada por vezes por pesquisa-ação participativa devido, neste caso, à convivência junto do processo e à interação com chefias, supervisores, operadores e técnicos,

transmitindo informações para o entendimento de falhas, fraquezas e debilidades do processo. Segundo Saunders et al. (2009), a pesquisa-ação distingue-se de outras abordagens pelo foco na ação e no incentivo à “mudança” na organização.

A metodologia da pesquisa-ação, segundo Bosco Pinto (1989), é percebida em sentido mais restrito, como sequência lógica e sistemática de passos intencionais, ou seja, passos com objetivos que se operacionalizam através de instrumentos e técnicas. Esta sequência lógica de passos divide-se em três momentos, os quais, por sua vez, se desdobram em fases, e estas operacionalizam-se em passos. Os passos são constituídos por um conjunto de atividades que permitem atingir os objetivos de cada fase. A sequência metodológica para a execução dos processos de pesquisa-ação insere-se na concepção de educação libertadora, tendo como ponto de partida o diálogo. Assim, a pesquisa-ação, inclui um momento de investigação, um de esquematização e por último, o de programação/ação. O momento investigativo divide-se em várias fases. Dentre elas, a seleção de uma área de trabalho, a recompilação de informações sobre esta, observação e levantamento das características da sua população; seleção e capacitação de “grupos estratégicos”; realização da pesquisa e devolução dos resultados.

Durante este projeto as técnicas de recolha de dados utilizadas foi a observação direta do processo e a consulta de documentação relacionada com o processo de análise produtivo.

1.6.FONTES E PESQUISA BIBLIOGRÁFICAS

As fontes bibliográficas disponíveis ajudam a desenvolver um bom conhecimento sobre o tema em estudo, podendo ser divididas em três categorias: fontes primárias, fontes secundárias e fontes terciárias. As diferentes categorias das fontes bibliográficas representam o fluxo de informação da fonte original, o fluxo de informação das fontes primárias para as

secundárias e para as terciárias é menos detalhado e específico, mas de mais fácil acesso e localização (Saunders et al., 2007).

O uso das diferentes fontes depende das questões e objetivos do projeto de investigação, da necessidade de fontes secundárias para lhes dar resposta e do tempo disponível. Para alguns projetos apenas é necessário recorrer às fontes secundárias e terciárias enquanto para outros será também necessário recorrer às primárias. De um modo geral, a maioria dos projetos de investigação faz um uso intensivo das fontes secundárias (Saunders et al., 2007). Durante a pesquisa bibliográfica do presente projeto de investigação foram utilizadas fontes primárias e fontes secundárias.

A pesquisa bibliográfica é um processo longo pois é necessário analisar e relacionar muita informação, deste modo um bom planeamento da pesquisa bibliográfica é essencial para o sucesso e eficiência do projeto de investigação (Saunders et al., 2007).

A essência do planeamento da pesquisa bibliográfica é a definição das palavras-chave. As palavras-chave são os termos básicos que descrevem as questões e objetivos da investigação e é a partir das mesmas que se obtêm informações relevantes (Saunders et al., 2007).

1.7. CLARIFICAÇÃO DOS TÓPICOS DE INVESTIGAÇÃO

A realização deste trabalho pretende aplicar a metodologia Seis Sigma no processo de embalamento de cereais de pequeno almoço.

- Identificar as variáveis que influenciam o processo de análise de embalagens defeituosas, isto é a quantidade de produto que vai muita acima e a baixo dos limites das especificações internas e legais.

- Melhorar o processo através da redução do número de amostras que excedem os limites superiores e inferiores da distribuição normal do processo.

1.8. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho está organizado em seis secções. Na primeira é introduzido o tema, justificando a importância da melhoria da qualidade de processos, aqui também são apresentados os objetivos, o método de trabalho utilizado e a estrutura.

A revisão bibliográfica da metodologia Seis Sigma, o método DMAIC com a descrição das etapas do método: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, do controlo metrológico bem como toda a legislação aplicável aos produtos pré-embalados e das principais técnicas e ferramentas estatísticas que serão utilizadas durante o desenvolvimento do trabalho é apresentada na secção dois.

Na terceira secção são apresentados os materiais e métodos utilizados no presente estudo.

O desenvolvimento da pesquisa na indústria alimentar, onde se apresentam a implementação das etapas, a descrição em detalhe das técnicas e ferramentas utilizadas, assim como os resultados obtidos em cada etapa do método DMAIC, descrevem-se na secção quatro.

Finalmente, na secção cinco são apresentadas as conclusões sobre o projeto de melhoria. Também serão propostas sugestões para trabalhos futuros, que possam dar continuidade ao trabalho desenvolvido.

2. REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA

2.1. SEIS SIGMA

Seis Sigma é uma filosofia de qualidade baseada num conjunto de objetivos de curto prazo, com um empenho para atingir metas de longo prazo. Baseia-se na medição e foco do cliente para orientar projetos de melhoria contínua em todos os níveis da empresa. As metas de longo prazo, desenvolvidas e implementadas nos processos tanto industriais quanto administrativos visam torná-los robustos, mantendo níveis de poucos defeitos por milhão de oportunidades (Marash, 2000).

De acordo com Martens (2001), Seis Sigma integrado com o DMAIC é uma metodologia disciplinada com lógica, sequência e estrutura para implementar projetos de melhoria. É uma filosofia para a excelência operacional provida de visão, foco e direção para a empresa.

Ao contrário de outras iniciativas da qualidade, o Seis Sigma procura identificar a essência do processo para guiar os objetivos estratégicos da organização. Os objetivos estratégicos chave do negócio são: o lucro; crescimento do negócio; satisfação do cliente; excelência na gestão organizacional e satisfação dos colaboradores (Eckes, 2002).

2.1.1. A origem do seis sigma

Segundo Harry e Schoroeder (2000), a metodologia Seis Sigma nasceu e desenvolveu-se em meados de 1980 na Motorola, nos Estados Unidos. Porém, a raiz original do Seis Sigma foi encontrada no livro *Quality is Free* escrito por Philip Crosby em 1979, onde uma das contribuições de Crosby para a gestão da qualidade foi o conceito do “zero defeitos”, que é a filosofia seguida pelo Seis Sigma. Nesta época a empresa sentia-se ameaçada pela concorrência da indústria japonesa e necessitava fazer uma profunda melhoria no seu nível de qualidade. Com a ameaça da concorrência japonesa, a Motorola iniciou um

novo modo de abordagem para a melhoria da qualidade, no qual a meta estabelecida para melhoria de todos os produtos, bem como serviços, foi melhorar a qualidade.

A Motorola focou os recursos no Seis Sigma, incluindo esforço humano na redução da variação dos processos como, processos de venda, processos administrativos e todos os demais processos. O conjunto de ações de melhorias chamado de projeto Seis Sigma foi lançado oficialmente pela Motorola em 1987.

A origem do nome “*Sigma*” vem da letra grega “ σ ” que representa a medida estatística de quantificação da variabilidade (desvio-padrão), utilizada para expressar a capacidade de um processo, isto é, a habilidade deste de produzir produtos não-defeituosos, isto é, dentro das especificações. Estatisticamente, sigma é o termo usado para representar a dispersão em torno da média do processo. Seis Sigma implica geralmente a ocorrência de uma taxa de defeitos abaixo de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) (Klefsjö et al., 2001).

2.1.2. Filosofia seis sigma

Segundo Harry (1998), a filosofia do Seis Sigma reconhece que há uma correlação direta entre o número de produtos defeituosos, o desperdício com custos operacionais e o nível de satisfação do cliente. A estatística utilizada no Seis Sigma mede a capacidade do processo em executar trabalhos livres de defeitos.

O valor do nível sigma indica a frequência provável para a ocorrência de defeitos. Um alto valor de sigma corresponde a uma baixa probabilidade do processo em produzir itens com defeitos. Consequentemente, um incremento no nível sigma, produz melhoria na confiabilidade, diminui a necessidade de testes e inspeções finais, reduz o tempo de ciclo e aumenta a satisfação do cliente.

Seis Sigma tornou-se, então, uma abordagem conhecida em muitas organizações, utilizada para controlar a variabilidade e reduzir o desperdício nos processos, usando avançadas técnicas e ferramentas estatísticas. Em termos de negócio, Seis Sigma é definido

como uma estratégia usada para melhorar o lucro, reduzir os custos com a má qualidade, melhorar a eficácia e eficiência de todas as operações, tentando exceder as necessidades e expectativas do cliente (Coronado et al., 2002; Smith et al., 2002).

2.2.AS MÉTRICAS DO SEIS SIGMA

Convencionalmente, a variabilidade natural dos processos que decorrem de acordo com as leis de uma distribuição normal assume-se na forma $\mu \pm 3\sigma$. Tal significa que se considera que os produtos vão apresentar valores entre o limite inferior do processo (LIP = $\mu - 3\sigma$) e o limite superior do processo (LSP = $\mu + 3\sigma$). A amplitude de um processo é então dada por $LSP - LIP = 6\sigma$.

Os processos devem respeitar as especificações dos clientes (quer eles sejam internos, externos, ou decorrer de imposições legais) que têm também dois limites, o LIE (limite inferior da especificação) e o LSE (limite superior da especificação). Chama-se tolerância da especificação,

ou amplitude da especificação, ao valor $LSE - LIE$. Comparando as duas amplitudes referidas, isto é, comparando a amplitude da especificação com a amplitude do processo, determina-se aquilo a que se chama capacidade do processo e que se representa por C_p . Esta métrica, que será abordada com detalhe em secções posteriores, permite verificar facilmente se o processo consegue, ou não, respeitar a especificação: se $(LSE - LIE) / (LSP - LIP)$ for muito maior do que 1, diz-se que o processo tem uma capacidade elevada; se esse valor for menor do que 1, diz-se que tem baixa capacidade e não consegue respeitar a especificação. Em geral para que um processo se considere sob controlo, o valor deverá ser no mínimo 1.3.

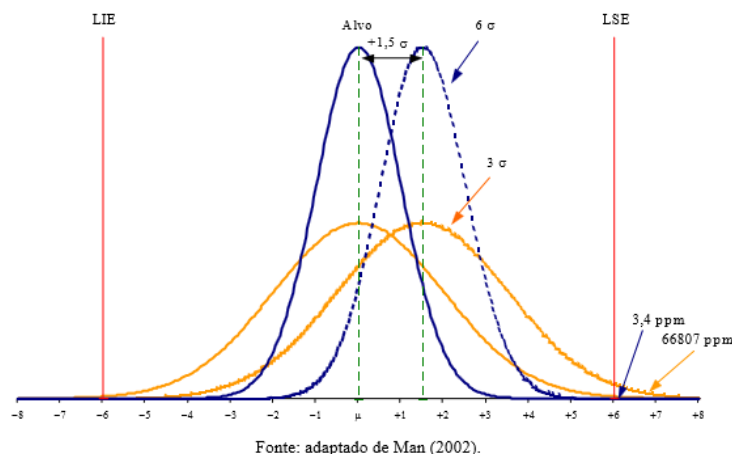


Figura 3 - Curva de distribuição normal ilustrando a diferença entre processos 3σ e 6σ

Quando o LIE é igual ao LIP e o LSE é igual ao LSP, as amplitudes do processo e da especificação são iguais e a capacidade é igual à unidade. Neste caso diz-se que o processo tem nível três sigma, ou 3σ . Decorre da distribuição normal que um processo com nível 3σ produz 99,74% das unidades dentro dos limites da especificação, que é o mesmo que dizer que 0,26%, ou 26000 PPM, estão fora dos limites, sendo por isso defeituosas (PPM significa partes por milhão).

Um processo em que a amplitude da especificação é o dobro da amplitude do processo, estando o ponto médio do processo centrado no ponto médio da especificação, denomina-se um processo com nível 6σ , porque os limites da especificação correspondem a $\mu \pm 6\sigma$. Todos os projetos 6σ têm por objetivo alcançar este valor, isto é, reduzir a variabilidade dos processos de tal modo a amplitude da especificação passe a corresponder a 12σ , ou seja, seis unidades de desvio padrão para cada lado do ponto médio. As tabelas da distribuição normal adaptadas para 6σ mostram que um processo com nível 6σ produz 0,002 DPMO.

A filosofia 6σ admite que um processo com nível 6σ , ao longo do tempo, vai apresentar um sigma shift (ou deslocamento da média) de 1,5 sigmas pelo que, no longo prazo, qualquer processo 6σ termina com nível $4,5\sigma$ e produzirá, no lado da curva normal onde a média está mais próxima do limite de especificação, 3,4 defeitos em um milhão de oportunidades de 3,4 DPMO, correspondendo a um rendimento de 99,99966% dos itens produzidos livres de defeitos (Marash, 2000). Na ilustração 4 está representada a curva de distribuição normal, comparando o desempenho de processos três e seis sigmas com deslocamento da média de 1,5 sigmas.

Segundo Breyfogle e Meadows (2001), as organizações frequentemente perdem tempo a criar métricas que não são apropriadas para medir o rendimento das saídas dos processos. Algumas dessas podem requerer uma grande quantidade de valiosos esforços sem fornecer o resultado desejado. Métricas que revelam o fator oculto, tal como reprocessamento podem trazer benefícios para muitos projetos de melhorias. A estratégia de negócio Seis Sigma propõe a criação da métrica certa para cada situação.

Para Wheeler (2002), as métricas utilizadas no Seis Sigma medem os defeitos mais eficientemente do que as usadas nos clássicos programas métodos de qualidade. Estas métricas e termos definidos por Wheeler (2002) e Lucas (2002), são apresentados a abaixo:

- Características críticas para a qualidade (CTQ – critical to quality) – um atributo do produto ou processo que afeta a aceitação do cliente, ou seja, é aquele atributo especificado pelo cliente;

$$DPMO = \frac{\text{Nº de defeitos}}{\text{Total de oportunidades} \times \text{Quantidade inspecionada}} \times 10^6$$

Equação 1 - Cálculo do DPMO

- Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO): indica o número provável de defeitos que podem ocorrer em um milhão de oportunidades possíveis para a ocorrência de defeitos. Em ambientes de produção o DPMO é em geral difícil de calcular, sendo preferível usar partes por milhão (PPM). Os PPM observados, que decorrem de um estudo prático, são calculados como se mostra na equação seguinte:

$$\text{PPM observados} = \frac{\text{Nº de defeitos}}{\text{Quantidade inspecionada}} \times 10^6$$

Equação 2 - Cálculo do PPM observados

- Os PPM estimados são calculados a partir das áreas da curva normal que excedem o LIE por defeito e o LSE por excesso, expressas em nº de defeitos por milhão:

$$\text{PPM estimados} = P(x < \text{LIE}) + P(x > \text{LSU})$$

Equação 3 - Cálculo do PPM estimados

Em relação aos PPM, o objetivo para qualquer processo é atingir o valor zero pois quanto menor o valor dos PPM melhor é a qualidade dos produtos (Mehrerdi, 2011).

2.3. ESCALA SIGMA

De acordo com Lucas (2002), o nível sigma de um processo pode ser obtido a partir do número de defeitos por ele produzido (utilizando os valores de PPM) com o auxílio de uma tabela de conversão. A tabela de conversão para a escala sigma foi elaborada supondo um deslocamento da média do processo de $1,5\sigma$, correspondendo a um nível sigma de longo prazo. Segundo Bothe (2002), esse deslocamento pode variar de $1,4\sigma$ a $1,6\sigma$, sendo recomendado para a maioria dos processos o valor de $1,5\sigma$.

A existência de tabelas da distribuição normal com valores multiplicados por 1000000, para funcionar em termos de PPM estimados e de tabelas como a apresentada acima, podem gerar grandes confusões, pois apresentam valores diferentes de defeituosos para o mesmo nível sigma. A haver duas tabelas, deverá ficar claro que a tabela da distribuição normal deverá ser referida como tabela de curto prazo, e as tabelas modificadas para deslocamentos da média de 1.5σ deveriam ser denominadas tabelas de longo prazo (Alves, 2013).

2.4. SELEÇÃO DO PROJETO SEIS SIGMA

A etapa mais importante num projeto Seis Sigma é a escolha do projeto. A seleção de um projeto apropriado garante o alinhamento do projeto com a estratégia da organização e com as necessidades do cliente. Selecionar um bom projeto, significa identificar e melhorar o desempenho das métricas, melhorar a qualidade dos produtos e obter melhores resultados financeiros na organização (Harry e Schroeder, 2000).

Para Snee (2002), o propósito de um projeto pode incluir redução de perdas, aumento de capacidade, diminuição de tempo inútil, uso mais eficiente ou melhoria do rendimento da matéria prima, diminuição de retrabalho. Questões relacionadas com satisfação do cliente, tais como: entregas no prazo e redução de defeitos, também podem resultar num bom projeto.

Segundo Lynch e Cloutier (2003), o projeto Seis Sigma ideal é aquele que se concentra numa área específica de interesse e tem uma dimensão compatível para ser concluído num prazo de três a seis meses. Grandes projetos focados em mais de uma área devem ser divididos em outros que deverão ser completados mais tarde ou conduzidos em paralelo.

Para Werkema (2002), o sucesso e a consolidação da cultura Seis Sigma na organização, bem como a obtenção de resultados significativos em tempos adequados depende da escolha de um bom projeto. As principais características a serem consideradas para a seleção de um bom projeto são:

- O alinhamento com as metas estratégicas da empresa;
- Propiciar aumento da satisfação do cliente;
- Apresentar uma boa oportunidade de conclusão no prazo estabelecido;
- Garantir uma melhoria no desempenho da organização, compatível com o porte e tipo de negócio da empresa;
- Quantificação precisa, por meio de métricas adequadas, da situação atual e dos resultados a serem alcançados com o projeto;
- Comprometimento por parte da alta administração da empresa e dos restantes responsáveis envolvidos.

2.5.BENEFÍCIOS DO SEIS SIGMA

Os benefícios do Seis Sigma são os principais atrativos que despertam o interesse das empresas por esta metodologia (Klefsjö et al., 2001). Entretanto, para avaliar concretamente cada benefício obtido com a implantação do Seis Sigma são necessários levantamentos de dados por meio de pesquisas junto às empresas que aplicam programa metodologia ou, que

estas organizações evidenciem suas conquistas através de informações confiáveis, como balanços, cartas aos acionistas ou divulgação na imprensa especializada (Hoerl, 1998). Os principais benefícios da aplicação do programa Seis Sigma são:

- A busca da melhoria contínua dos processos;
- A conquista da satisfação dos clientes através da melhor compreensão dos requisitos exigidos;
- O pleno entendimento das entradas críticas dos processos necessárias para responder às alterações nas exigências e especificações definidas;
- Ganhos no fluxo do processo;
- Aumento da produtividade;
- redução de tempos de ciclo;
- Aumento da capacidade produtiva e da confiabilidade dos produtos;
- Redução dos defeitos, dos custos, de desperdícios;
- Eliminação de atividades que não agregam valor ao processo;
- E a maximização dos lucros.

Contudo, como afirmado anteriormente, cabe sempre a constatação da extensão dos ganhos obtidos (Arnheiter e Maleyeff, 2005; Young, 2001).

Assim, a seguir são apresentados alguns casos em que os benefícios com a implantação do Seis Sigma foram evidenciados. O caso que ganhou maior visibilidade foi o da General Electric (EUA) que se tornou um *benchmark* no assunto, pois a empresa investiu US\$ 380 milhões na implementação do Seis Sigma, em 1996, e apurou a obtenção de ganhos da ordem de US\$ 1.5 mil milhões dois anos depois (Henderson; Evans, 2000). Outro caso que também ganhou destaque foi o da empresa Dow Chemicals (EUA) que em um curto espaço de tempo - apenas três anos - obteve em 1999, US\$ 1,5 bilhões de ganhos, estimulando outras unidades do grupo a incorporarem o programa independente do produto fabricado ou da área funcional da empresa (Motwani et al., 2004).

2.6.FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA IMPLEMENTAÇÃO DO SEIS SIGMA

Jiju (2006), Chakrabarty & Tan (2007), Coronado e Jiju (2002) identificaram os seguintes fatores críticos de sucesso na implementação dos projetos Seis Sigma:

- Compromisso e envolvimento da gestão;
- Perceber a metodologia DMAIC e as ferramentas e técnicas do Seis Sigma;
- Alinhar o projeto Seis Sigma com os objetivos da empresa;
- Alinhar o projeto Seis Sigma com os requisitos dos clientes;
- Seleção, priorização e acompanhamento do projeto;
- Seleção dos membros da equipa do projeto;
- Mudança cultural;
- Educação e Treino.

Através de uma revisão da literatura e discussão com líderes de organizações que adotaram o Seis Sigma, Kwak e Anbari (2006) identificaram quatro elementos fundamentais para o êxito na sua aplicação:

- **Envolvimento da gestão e compromisso organizacional** – a implementação de projetos Seis Sigma requer a dedicação e contribuição da gestão de topo pois implica recursos, tempo, dinheiro e esforços de toda a organização;
- **Seleção do projeto, gestão e controlo princípios chave** – os projetos Seis Sigma têm de ser cuidadosamente revistos, planeados, e selecionados para maximizar os benefícios da implementação. O projeto tem de ser viável, benéfico financeiramente e orientado ao cliente, assim como, ser revisto periodicamente para avaliar a performance das ferramentas e técnicas implementadas;
- **Encorajar e aceitar a mudança cultural** – antes da implementação do projeto Seis Sigma as organizações devem compreender os desafios associados à mudança cultural. Após a realização do projeto os resultados devem ser apresentados e deverão incluir os sucessos, obstáculos e mudanças, o que irá ajudar a evitar cometer erros similares em projetos futuros e apenas adotar as boas práticas.

- **Educação e treino contínuo** – a educação e treino permitem que as pessoas envolvidas tenham conhecimento dos fundamentos, ferramentas e técnicas do Seis Sigma. As organizações necessitam de uma aprendizagem contínua para ter a certeza que gestores e empregados aplicam e implementam efetivamente as técnicas do Seis Sigma, além de permitir conhecer as últimas tendências e técnicas que possam ser usadas para complementar a abordagem do Seis Sigma.

2.7.METODOLOGIA DMAIC

O método DMAIC surgiu com a tarefa de reduzir variações, especialmente, em processos de fabrico. O DMAIC possui funções similares aos seus antecessores na resolução de problema de processo, (Lokerbool, 2012). O DMAIC tem em vista a melhoria do processo por meio da seleção correta de projetos e com etapas direcionadas para a solução de problemas, dispostas de forma cíclica e contínua, contribuindo no processo de melhoria. A integração de diversas ferramentas às fases do DMAIC contribui para estruturar um método sistemático e disciplinado, capaz de promover a redução da taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e/ou processos nas organizações (Carvalho e Paladini, 2005).

Matos (2003) menciona que a abordagem passo-a-passo, definida através de etapas, a caracterização do problema e o entendimento das Características Críticas para a Qualidade são os principais fatores para o seu sucesso.

Abaixo é apresentado as etapas do método DMAIC e a funcionalidade de cada uma delas:

- **Definir** - Nesta etapa deve-se identificar os processos críticos responsáveis pela geração de maus resultados, tais como: reclamações de clientes, altos custos de mão de obra, erros de forma, etc (Carvalho; PaladinI, 2005). Nessa etapa recomenda-se a utilização da Ficha de Projeto (Project Charter), documento formal que permite a realização de um estudo racional para o projeto (Werkema, 2013).

- **Medir** – Nesta etapa deve-se centrar na focalização do problema (Werkema, 2002), desenvolvendo-se o levantamento dos dados históricos e análise do sistema de medição das variáveis de saída (Matos, 2003). Nesta etapa, a recolha de dados é essencial para validar e quantificar o problema e/ou a oportunidade.
- **Analisar** - Trata-se da etapa em que é realizada a identificação das variáveis que afetam o processo, sendo necessário encontrar as causas do problema para que se possa aprofundar nos detalhes, identificando as variáveis críticas . Além da análise dos dados recolhidos e da determinação das causas-raiz, também é possível identificar as diferenças entre o desempenho real e o planeado identificando e removendo causas especiais de variações (Santos, 2006).
- **Melhorar** - Nesta etapa, determina-se a forma de intervenção para a redução do nível de defeitos dos processos. Segundo Santos (2006), a garantia de melhoria do processo está associada a uma solução que seja capaz de eliminar e prevenir a ocorrência de problemas. Também é realizada a criação de ideias potenciais para a eliminação das causas fundamentais dos problemas, priorizados na etapa anterior (Werkema, 2002).
- **Controlar** - A sustentabilidade da melhoria precisa de um sistema de controle para mantê-la dentro de intervalo de tolerância do processo. Nesta etapa, é confirmada a implantação da melhoria, a resolução do problema, a validação dos benefícios alcançados, as alterações necessárias aos procedimentos e instruções de trabalho, a implementação de ferramentas de controle e, por fim, a auditoria do processo e a monitorização do desempenho (Matos, 2003).

2.8. CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO

Considerado em muitas organizações como um importante elemento para a gestão da qualidade total, o controle estatístico do processo (CEP) é conhecido mundialmente, não como uma simples coleção de técnicas, mas como um caminho para desenvolver o pensamento no qual a melhoria da qualidade nunca deve parar. Sem esta “melhoria contínua” não se pode esperar competitividade num mercado globalizado (Caulcutt, 1995).

Os fundamentos básicos do CEP e as cartas de controle foram propostas por Walter A. Shewhart entre os anos de 1920 e 1930 e, até meados de 1970, houve muitos avanços importantes. No entanto, poucos pesquisadores conduziram trabalhos na área, comparativamente com outras áreas da estatística aplicada.

Com a revolução da qualidade causada pelo aumento progressivo da competitividade do mercado internacional, onde melhorias da qualidade foram requeridas para a sobrevivência de muitas indústrias no ambiente dos negócios, a atividade de pesquisa em CEP começou a ser incrementada a partir de 1980 (Woodall, 1999; Montgomery, 1999).

2.8.1. Definição do controle estatístico do processo

O CEP, baseado nas teorias desenvolvidas por Walter A. Shewhart, a partir do século XX, é considerado um sistema de inspeção por amostragem, operando ao longo do processo produtivo, com o objetivo de permitir a identificação das causas especiais e comuns de variabilidade, possibilitando uma atuação objetiva para a melhoria contínua no processo visando um aumento na qualidade do produto final. A implementação do CEP dá-se a partir da recolha de dados amostrais da variável a ser controlada, elaboração das cartas de controle, análise das cartas de controle e, por fim, o estudo de capacidade do processo (Ribeiro, 2001; Caten, 2001).

O CEP é uma técnica estatística usada para avaliar e controlar processos e reduzir variação. A redução da variação é um aspeto chave da qualidade. Num processo há duas causas principais de variação, causas especiais ou assinaláveis e causas comuns ou aleatórias:

- Causas especiais de variação são causas não inerentes ao processo e podem ser facilmente identificadas. Elas têm uma magnitude relativamente grande e requerem algumas ações no sistema ou processo para eliminá-las. Desgaste de ferramentas, erros de medição, erros de cálculo, erros operacionais são exemplos de causas especiais.
- Causas comuns de variação afetam todos os produtos/serviços de um processo, elas são sempre inerentes ao processo. Exemplos de causas comuns incluem a

variabilidade típica do processo, e outras causas como oscilações na humidade, temperatura ambiente, flutuações elétricas, deterioração do desempenho do equipamento, variações de composição das matérias-primas, etc.

O objetivo principal das cartas de controle usadas no CEP é distinguir entre causas comuns e especiais de variação (Mason e Antony, 2000), podendo deixar o processo em operação enquanto os valores se mantiverem dentro dos limites das cartas e atuando sob o processo, eliminando as causas especiais, quando os limites das cartas são excedidos.

2.8.2. Implementação do controle estatístico do processo

A implementação do CEP num ambiente industrial pode melhorar a qualidade, aumentar a produtividade e reduzir os custos. O CEP, considerado uma subárea do controle estatístico da qualidade, consiste na utilização de métodos para entender, monitorar e melhorar o desempenho de processos ao longo do tempo (Woodall, 2000). A recolha de amostras usadas nas cartas de controlo, denominadas por Shewhart como "subgrupos racionais", corresponde à maneira pela qual os subgrupos (amostras) devem ser obtidos para detetarem a ocorrência de causas especiais no processo. Os subgrupos ou amostras devem ser selecionados de modo a evidenciar uma possível existência de variabilidade das observações dentro de um subgrupo, devendo incluir toda oportunidade de variabilidade natural e excluir a variabilidade devido às causas especiais de variação (Montgomery, 2001; Runger, 1999).

2.8.3. Subgrupos racionais

As clássicas cartas de *Shewhart*, para monitorar as médias e as amplitudes, empregam subgrupos racionais (nome dado por Shewart às amostras com mesmo número de itens). Os tamanhos dos subgrupos usados na indústria, apresentam, preferencialmente, quatro a oito itens. O objetivo é recolher o menor número de itens possível, mas que garanta a

possibilidade para se detetar a ocorrência de variações devidas às causas especiais (economia no processo de amostragem). O tamanho mínimo de quatro itens (ou cinco, para alguns autores) para um subgrupo é justificado pelo fundamento estatístico, teorema do limite central, onde é esperado que a distribuição das médias amostrais siga uma distribuição normal, quando as amostras são de tamanho igual ou maior a quatro, mesmo que estas tenham origem numa população não normal. Este fato é útil para garantir a distribuição normal das médias e ajudar no cálculo correto dos parâmetros dos processos e no cálculo e interpretação dos limites das cartas de controle (Grant e Leavenworth, 1972).

De acordo com Juran (1951), para que um processo possa ser considerado sob controle, frequentemente subgrupos de quatro ou cinco itens, são suficientes. Em situações nas quais uma pequena mudança no processo pode causar um desvio dos limites de controle, especiais considerações sobre tamanho da amostra, princípios e aplicações das cartas de controle deverão ser observadas.

2.8.4. Cartas de controle para variáveis

As cartas de controle permitem que se faça um controle do processo a partir da estimativa da sua variabilidade típica, fornecendo informações sobre o valor de importantes parâmetros do processo e sua estabilidade ao longo do tempo (Montgomery e Runger, 1999).

Montgomery (1996) classifica as cartas de controle em dois grandes grupos, as cartas de controle para variáveis e as cartas de controle para atributos. A opção por uma ou outra carta, vai depender do tipo de variável a ser medida.

A carta de controle para médias é utilizada com o objetivo de controlar que a média do processo está alinhada com o valor nominal (sendo o valor nominal, ou VN, o valor pretendido para a média do processo). Os limites de controle para as médias do processo são calculados como descrito por Montgomery (1996):

- O limite superior de controle é dado por $LSC = VN + z\sigma/\sqrt{n}$,
- O limite inferior de controle é dado por $LIC = VN - z\sigma/\sqrt{n}$.

Quaisquer valores de z são possíveis, mas $z = 1,96$ ou $z = 2,58$ são os valores mais utilizados, dando limites de 95 e 99% de confiança, respetivamente. Nestas equações, VN é o valor nominal, sendo, em geral, igual ao ponto médio da especificação, σ é o desvio padrão do processo e n é o tamanho da amostra, sendo z obtido em qualquer tabela da distribuição normal.

As cartas dos desvios padrão, são muito importantes pois permitem controlar a variabilidade do processo. Estas cartas têm:

- $LIC = [\chi^2_{(\alpha/2)} \times \sigma^2 / (n-1)]^{1/2}$ e $LSC = [\chi^2_{(1-\alpha/2)} \times \sigma^2 / (n-1)]^{1/2}$, sendo o valor de α escolhido para obter, em geral, limites de 95 ou 99% de confiança. Nestas equações χ^2 é um valor da distribuição de qui-quadrado, σ é a estimativa do desvio padrão do processo e n é o tamanho da amostra utilizada no controlo de rotina.

Em alternativa às cartas de desvios padrão (que são as mais corretas), podem ser substituídas por cartas de amplitudes de amostras, R tal como era, e ainda é, comum em várias empresas. Esta possibilidade reside no facto de que existe uma relação direta entre os desvios padrão das amostras (s) e as suas amplitudes ($r = x_{max} - x_{min}$), desde que as amostras não tenham tamanho superior a 10 (este tópico desenvolve-se mais abaixo).

Cartas de controle para variáveis são ferramentas que podem ser utilizadas quando as medições se baseiam em variáveis contínuas. Trata-se em geral de controlar variáveis físicas, como um peso ou volume, um diâmetro, o tempo, etc..

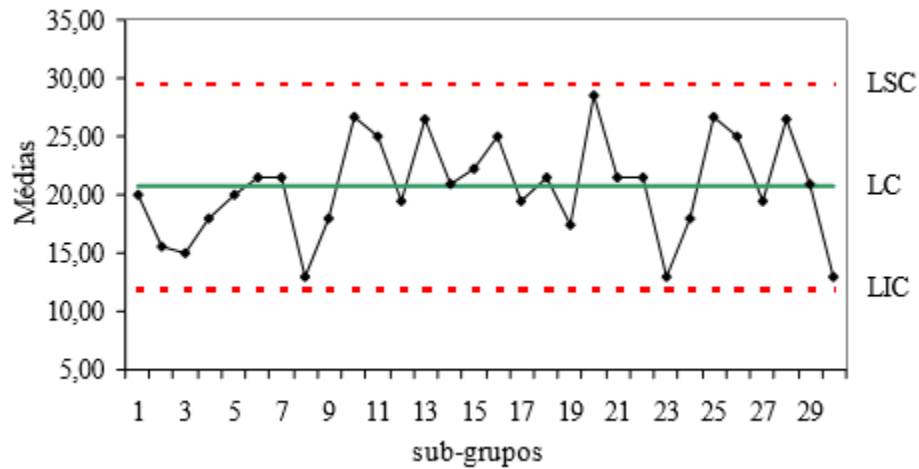


Figura 4 - Exemplo de carta de controle para médias

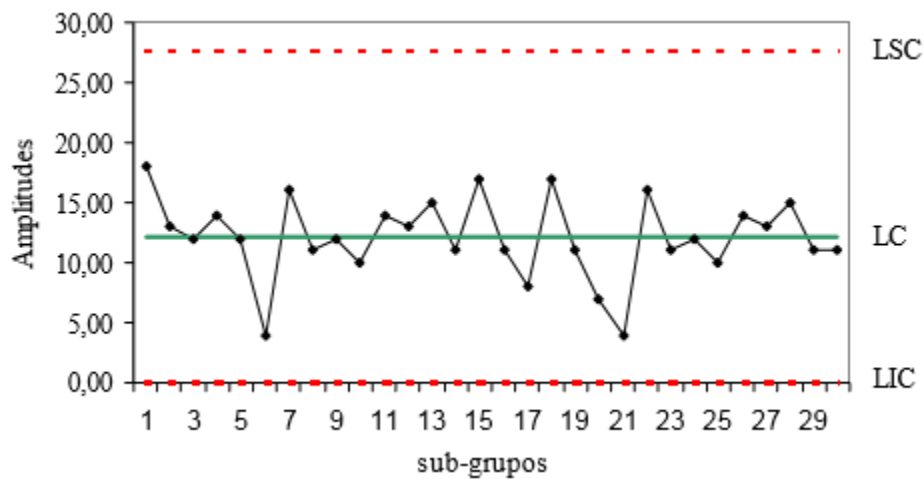


Figura 5 - Exemplo de carta de controle para amplitudes

De acordo com Montgomery (1996), a carta para amplitudes controla a variabilidade do processo a partir dos valores das amplitudes em substituição ao desvio-padrão das amostras. Para calcular os limites de controle precisa-se de uma estimativa adequada do desvio-padrão. As estimativas do desvio padrão são feitas através de:

- Uma amostra única com pelo menos $n=100$, mas que pode não detetar causas especiais de variação;

- Com N (24 ou 25) amostras de tamanho n (5 ou 4), desde que Nn seja pelo menos 100, o que eventualmente permitirá calcular a dispersão típica e a existência de causas especiais;
- Amostras de tamanho n variáveis, distribuídas ao longo do tempo, mas sempre garantindo que no total pelo menos 100 itens são analisados;
- Amostras de uma só observação, estimando o desvio padrão a partir das amplitudes móveis (Alves, 2013).

2.8.5. Interpretação da estabilidade do processo

Segundo Kume (1993), é importante compreender com exatidão o estado em que se encontra o processo, interpretando os gráficos de controle e, imediatamente, implementando as ações apropriadas quando for observado algum comportamento anormal do processo. Um processo sob controle é estável, se sua média e dispersão não mudam os seguintes critérios observados nas cartas de controle tradicionais podem caracterizar um processo fora de controle:

- Pontos fora dos limites de controle;
- Sequência: uma sequência com comprimento de sete pontos é considerada anormal nas seguintes situações:
 - Sete ou mais pontos em sequência acima (ou abaixo) da linha central;
 - Sete ou mais pontos em sequência ascendente (ou descendente);
 - Sete ou mais pontos consecutivos acima ou abaixo da linha central.

Mesmo que o comprimento da sequência seja inferior a seis pontos, os seguintes casos são considerados anormais:

- Pelo menos Dez de onze pontos consecutivos incidir em um mesmo lado da linha central;
- Pelo menos Doze de catorze pontos consecutivos incidir num mesmo lado da linha central;

- Pelo menos dezasseis de vinte pontos consecutivos incidir num mesmo lado da linha central.
- Proximidade dos limites de controle: observando pontos próximos dos limites de controle 3-sigma, se dois em três pontos consecutivos incidem além das linhas 2-sigma, caracteriza uma situação anormal.
- Proximidade da linha central: quando a maioria dos pontos estão situados entre as linhas de 1,5-sigma acima e abaixo da linha central, esta configuração não caracteriza um processo sob controle. Isto pode ser explicado por uma inadequação na formação dos subgrupos, resultando em uma mistura de dados de diferentes populações em um mesmo subgrupo, tornando o intervalo entre os limites de controle muito amplo.
- Periodicidade: quando o traçado apresenta repetidamente uma tendência para cima e para baixo em intervalos quase sempre iguais, também caracteriza uma situação anormal.

2.8.6. Estudos da capacidade e desempenho do processo

Segundo Stenberg e Deleryd (1999), o estudo da capacidade do processo é uma importante ferramenta para a melhoria da qualidade dentro das organizações. O CEP e o estudo de capacidade são métodos que têm a finalidade de monitorar os processos dentro dos limites de controle e ajudar a encontrar causas de variação para sucessivamente eliminá-las.

O objetivo da análise de capacidade do processo (C_p) é avaliar a habilidade do processo em cumprir com a especificação das características de qualidade estabelecidas. Um outro aspecto importante da análise de capacidade é a determinação do desempenho do sistema de medição, normalmente referido como MSA (Measurement System Analysis) ou gage R&R (Woodall e Montgomery, 1999).

Para Stoumbos (2002), o estudo de capacidade do processo é a quantificação da situação atual e da expectativa futura com relação a atuação de causas comuns de variação.

A quantificação da variabilidade do processo é essencial para avaliar a qualidade potencial dos produtos manufaturados. Os usos dos índices de capacidade permitem associar a variação e a localização da média do processo com as especificações do cliente. Estes índices fornecem uma efetiva estimativa da capacidade do processo, permitindo a atuação para melhorar a capacidade e reduzir custos.

Aparentemente, as fórmulas para o cálculo da capacidade a curto prazo e a capacidade do processo a longo prazo são idênticas. Ambas medem a variação do processo, comparando com a tolerância dos limites de especificação, a diferença está na estimativa do desvio-padrão σ utilizado no cálculo. Para C_p curto prazo o desvio-padrão utilizado reflete a variação inerente ao processo, devido somente às causas comuns e no seu melhor (após afinação, implementação de melhorias, etc). Para o C_p a longo prazo, o desvio-padrão incorpora a variação total do processo devido às causas comuns mais as causas especiais, mas que se sabe, por experiência, que se alteram ao longo do tempo. Para uma situação onde somente atuam causas comuns, então ambas as estimativas serão idênticas. Se causas especiais estiverem a atuar, a C_p de curto prazo será menor do que o D_p (ou C_p de longo prazo (Udler e Zaks, 1997).

A C_p a curto prazo é a comparação entre a tolerância (dada pela especificação) e a capacidade do processo dada por $\mu \pm 3 \times \hat{\sigma}_{comum}$, ao passo que a C_p a longo prazo é a comparação entre a tolerância (dada pela especificação) e a capacidade do processo dada por $\mu \pm 3 \times \hat{\sigma}_{global}$. Denomina-se $\hat{\sigma}_{comum}$ o desvio padrão do processo calculado com base em amostras, ou subgrupos racionais, que exclui a influência das causas especiais de variação, e $\hat{\sigma}_{global}$ a estimativa do desvio padrão baseada em todos os dados disponíveis, como se de uma amostra única se tratasse, razão pela qual inclui a variabilidade natural do processo, mas também aquela que se deve a causas especiais.

$$C_p = \frac{VoC}{VoP} = \frac{LSE - LIE}{LSP - LIP} = \frac{tolerância}{(\mu + 3 \times \hat{\sigma}_{comum}) - (\mu - 3 \times \hat{\sigma}_{comum})} = \frac{tolerância}{6 \times \hat{\sigma}_{comum}}$$

Equação 4 - Fórmula de calculo da capacidade do processo a curto prazo

$$Dp = \frac{VoC}{VoP} = \frac{LSE - LIE}{LSP - LIP} = \frac{tolerância}{(\mu + 3 \times \hat{\sigma}_{global}) - (\mu - 3 \times \hat{\sigma}_{global})} = \frac{tolerância}{6 \times \hat{\sigma}_{global}}$$

Equação 5 - Fórmula de cálculo da capacidade do processo a longo prazo

Se estas duas estimativas da capacidade do processo foram semelhantes, então conclui-se que se removeram as causas especiais de variação. Enquanto a estimativa dada por $\hat{\sigma}_{global}$ for superior à dada por $\hat{\sigma}_{comum}$, considera-se que as causas de variação especiais não foram ainda removidas.

Apresentam-se de seguida as equações básicas para o calculo da média do processo e para a dispersão de curto e longo prazo.

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{x}_i$$

Equação 6 - Fórmula de calculo da estimativa da média

$$\hat{\sigma}_{global} = \sqrt{\frac{1}{Nn - 1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{\bar{x}})^2}$$

Equação 7- Fórmula de calculo da estimativa do desvio padrão global

$$\hat{\sigma}_{comum} = \sqrt{\frac{1}{(\sum_{i=1}^N n_i) - N} \sum_{i=1}^n (n_i - 1) s_i^2}$$

Equação 8 - Fórmula de calculo da estimativa do desvio padrão comum

2.9.ENQUADRAMENTO LEGAL

2.9.1. Legislação Aplicável

Segundo o Decreto Lei 199/2008 de 8 de Outubro um Produto Pré-embalado ou um Pré-embalado é um produto cujo acondicionamento foi efetuado antes da sua exposição para venda ao consumidor em embalagem que solidariamente com ele é comercializada, de tal modo que a quantidade de produto contido na embalagem tenha um valor previamente escolhido e não possa ser alterada sem que a embalagem seja aberta ou sofra uma alteração perceptível.

A definição acima é aplicada para o conceito de pré-embalado em geral, no entanto, o método para determinar o conteúdo efetivo de um pré-embalado, poderá depender de vários fatores, daí que os pré-embalados possam também ser classificados de acordo com a sua natureza da seguinte forma:

- Pré-embalados líquidos: Ex: Bebidas, Detergentes, Tintas...
- Pré-embalados Sólidos Ex: Bolos, Açúcar, Massa, Cereais...

Dentro dos Pré-embalados Sólidos, temos ainda os pré-embalados Congelados e Ultracongelados Vidrados (Ex: Pescado congelado) e os pré-embalados com Peso Escorrido (Ex: Conservas de Peixe).

Os pré-embalados contêm uma quantidade de produto, em ml ou g, que deveria ser igual à quantidade nominal (QN) inscrita na embalagem. Porém, como as máquinas operam, em geral, de acordo com uma distribuição normal, os conteúdos efetivos das embalagens vão variar de acordo com uma distribuição normal, com parâmetros μ (que representa a média embalada) e σ (que representa a dispersão do processo). Portanto, pode acontecer que a máquina, ao embalar, produza embalagens com conteúdos demasiado pequenos, com prejuízos para o consumidor. Por essa razão, a portaria define um erro admissível por defeito (EAD), que está tabelado (Quadro I da Portaria 1198/91) e que varia em função da quantidade nominal (Alves, 2016)

Por este motivo foram criadas leis que se regem por alguns critérios, onde o consumidor fica salvaguardado.

A legislação europeia mais relevante sobre o controlo metrológico dos produtos pré-embalados, existente até à data de adesão de Portugal à CEE, inicia-se com a Diretiva 75/106/CEE, de 19 de Dezembro de 1974, que expunha as regras a que devia obedecer o controlo metrológico dos alimentos líquidos pré-embalados, bem como os volumes nominais nos quais esses alimentos podiam ser comercializados. (Alves, 2016).

As regras do controlo metrológico foram estendidas e adaptadas aos alimentos não líquidos e outros alimentos líquidos pré-embalados, através da Diretiva 76/211/CEE, de 20 de Janeiro de 1976. Posteriormente, ambas as diretivas sofreram várias alterações de acordo com o estipulado pela Diretiva 78/891/CEE, alterações essas que envolveram os planos de amostragem usados para o controlo metrológico, a redefinição de erros admissíveis nos pré-embalados e medidas mínimas para a altura dos caracteres relativos às quantidades nominais usados nos rótulos das embalagens. (Alves, 2016).

Em 1980, através da Diretiva 80/232/CEE, de 15 de Janeiro, e como medida de proteção ao consumidor, foram fixadas as quantidades nominais admissíveis para o pré-embalamento dos alimentos e outros produtos pré-embalados, que se encontravam sob a alçada da diretiva 76/211/CEE, bem como as capacidades dos respetivos contentores.

Como resultado da adesão de Portugal à CEE, em 01/01/1986, foi necessário transpor as diretivas atrás referidas para a lei nacional, o que foi feito através do Dec. Lei 310/91 de 17 de Agosto (de âmbito muito genérico) e das Portarias 1198/91 de 18 de Dezembro (com as regras para o controlo metrológico) e 359/94 de 7 de Junho (essencialmente com listagens das quantidades nominais admissíveis para a comercialização dos produtos pré-embalados).

Em 2007, a CE liberalizou as quantidades nominais permitidas para a maioria dos pré-embalados, mantendo restrições relativas a algumas bebidas alcoólicas, tal como consta da Diretiva 2007/45/CE (que revogou as Diretivas 75/106/CEE e 80/232/CEE e alterou a Diretiva 76/211/CEE). Esta diretiva foi transposta para a lei nacional através do DL 199/2008 de 8 de Outubro (que revogou o DL 310/91 e a Portaria 359/94, mantendo em vigor a Portaria

1198/91). No mesmo ano, a Retificação 71/2008 altera substancialmente algumas partes da legislação que consta do Dec. Lei 199/2008.

2.9.2. Como são realizados os ensaios previstos na portaria 1198/91 de 18 de Dezembro

A Portaria 1198/91 rege o controlo metrológico dos produtos pré-embalados e prevê a realização de dois testes:

- Verificação da média dos conteúdos efetivos dos pré-embalados;
- Verificação do conteúdo efetivo dos pré-embalados;

Estes testes assentam em planos de amostragem aplicados à pesquisa de unidades defeituosas, sendo interessante para a discussão de planos de amostragem simples e duplos por atributos e por variáveis (Alves, 2016).

Classifica-se como embalagem defeituosa qualquer embalagem cujo conteúdo efetivo (x) seja inferior à quantidade nominal subtraída do erro admissível por defeito:

$$x < QN - EAD \Rightarrow \text{EMBALAGEM DEFEITUOSA}$$

Segundo a portaria, um inspetor entra numa fábrica e, relativamente a um qualquer produto embalado numa determinada quantidade nominal, determina o erro admissível por defeito (Alves, 2016)

Assim sendo os produtos pré-embalados têm de seguir os seguintes critérios abaixo tabelados:

Tabela 1 - Critérios de aceitação do peso nominal de acordo com o Dec. Lei 199/2008 e Retificação 71/2008

Quantidade Nominal (g ou mL)	Erro admissível (EA)	
	% de QN	Em massa ou volume (g ou mL)
< 50	9	-
De 50 a 100	-	4,5
De 100 a 200	4,5	-
De 200 a 300	-	9
De 300 a 500	3	-
De 500 a 1000	-	15
De 1000 a 10000	1,5	-
De 10000 a 15000	-	150
> 15000	1	-

Antes de realizar qualquer ensaio para a determinação do conteúdo efetivo dos pré-embalados de um determinado lote de produtos é necessário responder a um conjunto de questões que irão definir de que modo se irá processar o ensaio, esta é a forma como é efetuado o controlo por parte dos inspetores.

- **Tipo de produto a analisar** - A principal diferença entre realizar um ensaio a um produto sólido ou a um produto líquido através da pesagem reside no facto de no último ser necessário determinar a massa volúmica do produto para que seja possível determinar os conteúdos efetivos das embalagens em unidades de volume, enquanto que nos produtos sólidos apenas é necessário subtrair o valor da tara à massa bruta para obter o valor líquido. No entanto, no caso dos produtos congelados e ultracongelados vidrados ou nos produtos de peso líquido escorrido, devido à natureza de embalamento dos mesmos, implica que os ensaios sejam realizados de forma destrutiva e por isso a dimensão das amostras utilizadas é por norma inferior à dos restantes casos (E. Esteves, 2009), sendo sempre efetuado em amostras de 20 embalagens.
- **Tipo de ensaio** - Sempre que possível, deve procurar-se que os ensaios sejam realizados de forma não-destrutiva, no entanto existem situações em que o processo de embalamento de um determinado produto não permite que se consiga realizar o ensaio de forma não-destrutiva. Para determinar o conteúdo efetivo de um pré-

embalado em ensaio não destrutivo é necessário determinar o valor da tara dos mesmos. Em geral conseguem-se obter embalagens vazias sem destruir um produto já embalado, o que facilita o processo. (E. Esteves, 2009)

- **Dimensão da amostra a analisar** – O efetivo do lote das amostras a analisar pelo inspetor depende principalmente da capacidade de produção das máquinas de embalamento. A Portaria 1198/91 de 18 de Dezembro prevê diferentes dimensões de amostragem para máquinas com capacidades de produção menores do que 500 unidades/hora, entre 501 e 3200 unidades/hora e mais do que 3200 unidades/hora. (E. Esteves, 2009). Uma vez definido o efetivo do lote o ensaio pode ser duplo ou simples. O ensaio simples é realizado com uma só amostragem, mas de maior dimensão, enquanto que o ensaio duplo poderá ser realizado com duas amostragens, no entanto, se na primeira amostragem o lote for aceite, não será necessário recorrer à segunda e deste modo a dimensão da amostra será inferior à de um ensaio simples. (E. Esteves, 2009)

No caso dos ensaios destrutivos, como já foi referido, a dimensão das amostras é $n=20$.

- **Como determinar a tara dos produtos** - Na Portaria 1198/91 de 18 de Dezembro, no ponto 9.1, relativamente à colheita da amostra, diz o seguinte: "*A amostra para a determinação da massa média da tara terá um efetivo de 10 unidades quando a massa da tara for inferior a 10% da massa bruta (por exemplo água em garrafa de plástico), ou de 20 unidades quando o desvio padrão da massa da tara não for superior a um quarto dos erros admissíveis por defeito dos pré-embalados (por exemplo cerveja em lata). Em todos os outros casos (por exemplo vinho em garrafa de vidro), a massa da tara tem de ser determinada individualmente*". Nota-se nalguns casos, e em particular, no caso de embalagens de vidro, mesmo que o critério permita utilizar um valor médio, é possível que se estejam a cometer erros bastante significativos na determinação dos conteúdos efetivos dos pré-embalados, pois pode haver variações

de peso dentro do mesmo lote de embalagens e assim o peso determinado com base na média poderá ser bastante diferente do peso das embalagens utilizadas no ensaio. (E. Esteves, 2009)

2.9.3. Planos de amostragem

A gestão empresarial assume continuamente competências muito diferentes daquelas que eram exigidas há alguns anos atrás. A mudança permanente e a complexidade a esta associada vieram introduzir diferenças significativas no modo de gerir as empresas. (E. Esteves, 2009)

Alterações mais ou menos profundas na técnica e na tecnologia, nos processos, nos comportamentos das pessoas e o rápido desenvolvimento da sociedade da informação, entre outros aspetos, fazem com que as empresas atuais vivam sob uma pressão concorrencial nunca antes conhecida e que, não deixará de crescer com a globalização dos mercados. (E. Esteves, 2009)

Ao analisarmos a evolução no uso das referidas técnicas de controlo e melhoria da qualidade, constata-se que numa fase inicial, e numa altura em que as empresa ainda não estavam sensibilizadas para a Gestão da Qualidade, que o Controlo por Amostragem foi inicialmente a técnica que começou por ser utilizada. Na realidade, qualquer uma destas técnicas começou a ser desenvolvida na década de 1920, após a 1.^a Guerra Mundial. Porém só a partir da década de 1940, após a 2.^a Guerra Mundial, e inicialmente no Japão, que começaram a ser utilizadas de um modo generalizado, no controlo e melhoria da qualidade dos produtos e dos processos. (E. Esteves, 2009)

O Controlo por Amostragem consiste, genericamente, na recolha de amostras e em função dos resultados obtidos da sua análise fazer inferência sobre a qualidade da totalidade das matérias-primas, componentes ou produtos acabados, das quais são retiradas essas amostras. Em muitas situações práticas é necessário tomar uma decisão sobre a aceitação ou rejeição de um lote. Essa decisão pode ser tomada em face de muitas características que as unidades do lote podem ter. (Alves, 2016)

Na perspectiva do controlo da qualidade e da aceitação/rejeição de lotes, parte-se do princípio que se pretende aceitar lotes com poucas unidades defeituosas e rejeitar lotes com muitas unidades defeituosas. (Alves, 2016)

Um plano de amostragem perfeito seria um plano que permitisse aceitar todos os lotes considerados "bons" e rejeitar todos os lotes considerados "maus". Infelizmente, uma inspeção com estes resultados não é possível, ou, dito por outras palavras, não há planos de amostragem perfeitos. Tomar decisões sobre um todo (lote) com base na observação de apenas uma parte (amostra) nunca pode garantir um resultado absolutamente certo. No entanto, há processos que nos permitem avaliar o que pode acontecer quando se inspeciona um lote a partir de uma amostra, o que significa que, embora não se saiba com certeza absoluta o que acontece na inspeção, existem métodos para cálculo de probabilidades que permitem tomar decisões com base em riscos previamente assumidos. (Alves, 2016)

Quando o método de análise das unidades dos lotes para verificação dos seus atributos obrigar à destruição dessas mesmas unidades, então só se devem usar amostras pequenas, minimizando os custos da inspeção (Alves, 2016)

2.9.3.1. Planos de amostragem simples

Trata-se de um conjunto de três valores $[n, c, r]$: já se definiu n como sendo o tamanho de uma amostra que se retira de um lote; o valor c , ou número de aceitação, indica o número máximo de defeituosos que se permitem na amostra, para que o lote possa ser aceite; o valor r , ou número de rejeição, sendo $r=c+1$, é o número de defeituosos presentes na amostra a partir do qual o lote é rejeitado. Para analisar planos de amostragem simples basta ver que: os planos indicam o tamanho da amostra que se retira e o número máximo de defeituosos aceites na amostra; com base nesses valores, considera-se um lote qualquer com parâmetro P e calcula-se a sua probabilidade aceitação. (Alves, 2016)

$$PA_{(P)} = P(x \leq c) = \sum_{i=0}^{i=c} Pr(x = i) = \sum_{i=0}^{i=c} C_{(n,i)} P^i (1 - P)^{n-i}$$

Equação 9- Probabilidade de aceitação numa amostragem simples

2.9.3.2. Planos de amostragem duplos

Os planos de amostragem duplos são dois conjuntos de valores $[n_1, c_1, r_1]$ e $[n_2, c_2, r_2]$, com $r_1 > c_1 + 1$ e $r_2 = c_2 + 1$. Embora n_1 e n_2 possam ser diferentes, em geral são iguais. Estes planos, tal como os planos simples, são uma forma de gerir a inspeção de lotes, podendo calcular os riscos associados a cada plano. Além disso, pretendem aceitar ou rejeitar os lotes logo na primeira amostra, tentando minimizar o trabalho envolvido, mas sem alterar as probabilidades de aceitação. De uma forma geral, lotes muito maus ou muito bons serão facilmente rejeitados ou aceites na primeira amostra, e apenas os lotes de qualidade intermédia exigirão a análise de uma segunda amostra.

$$PA_{(p)} = P(x_1 \leq c_1) + \sum_{i=r_1+1}^{r_1-1} Pr(x_1 = i) \times Pr(x_2 \leq c_2 - i)$$

Equação 10 - Probabilidade de aceitação numa amostragem dupla

Esta secção apresenta a implementação da metodologia Seis Sigma num projeto de melhoria onde será utilizado o método DMAIC, conforme descrito no capítulo anterior. Apresenta também a utilização das técnicas e ferramentas estatísticas em cada etapa do DMAIC.

Na etapa definir, utilizou-se o Project Charter, para identificar e definir os objetivos a alcançar bem como todos os intervenientes.

Na etapa medir usou-se a técnica do brainstorming, para construir um diagrama de causa efeito, sendo de forma mais clara a análise da situação.

Nas etapas de análise de melhoria, foram usadas ferramentas estatísticas para determinar o estado atual do processo e os resultados obtidos depois de se usarem métodos para o problema em causa.

Por fim, na fase de controlo recorreu-se à construção de cartas de controlo de variáveis.

Foram consultados os históricos de produção do ano de 2015, para verificar o volume de produção dos produtos "pétalas de chocolate" e "estrelas de mel".

Os dados ao longo da produção foram retirados da controladora de peso, nesta retirou-se o valor do peso médio, o desvio padrão e o número de sacos. Foram usadas amostras de grande dimensão pois é de todo impossível retirar amostras pequenas uma vez que as máquinas têm uma cadência de 60 pacotes por minuto. Deste modo a melhor solução passou por recolher dados de hora a hora.

O estudo foi desenvolvido numa indústria alimentar, nomeadamente na secção de embalamento de cereais de pequeno almoço, obtidos por processo de extrusão. Neste estudo pretende-se a realização de um processo de melhoria no embalamento dos mesmo com uma abordagem Seis Sigma, onde o objetivo é a redução da variabilidade da gramagem das embalagens de cereais.

A opção pelo uso do programa Seis Sigma na empresa foi uma decisão estratégica, com o objetivo de resolver problemas crónicos que não vinham tendo solução com os programas de qualidade praticados até então na empresa.

4. CASO DE ESTUDO

4.1.DESCRICÃO DO PROCESSO

A linha C, linha de produção de extrudidos, abastece as linhas de embalagem 3 e 4. Nesta linha são produzidos os cereais de pequeno almoço destinados às crianças, nomeadamente "pétalas de chocolate" e "estrelas de mel", sendo estes dois produtos os que foram escolhidas para este estudo.

O processo de extrusão propriamente dito inicia-se com a junção da mistura ("batch") com a água (alimentação e doseamento automático) e aplicação de calor. Num curto espaço de tempo, é transferida energia e pressão ao produto, sendo estes parâmetros definidos consoante o grau de gelatinização do amido, desnaturação de proteínas e outras reações químicas, dependendo também da extensão do tratamento pretendido. À saída da extrusora existem moldes que determinam a forma do produto, e, a diferença de pressão entre o interior da extrusora e o meio ambiente, origina uma expansão do mesmo. Os principais perigos que surgem nesta fase são: contaminação por falhas na limpeza do equipamento, contaminação do produto por contacto com óleos, sobrevivência de microrganismos que estejam presentes nas matérias-primas e que não sejam destruídos pelo processo de extrusão e contaminação do produto acabado por quebra de lâminas da extrusora.

O licor que é adicionado é um preparado à base de água e açúcar que, dependendo dos produtos, tem adição de outras matérias-primas (abastecidas automaticamente) como chocolate, mel, etc. A alimentação do açúcar é feita automaticamente e o transporte até à tremonha de abastecimento do sistema de preparação do xarope, é efetuado através do sistema de transporte em fase densa. O açúcar é pesado (depósito equipado com células de carga) juntamente com líquidos viscosos (glucose, mel, xarope de açúcar invertido, gordura) e água quente, para ser misturado e posteriormente dar origem ao xarope a aplicar no tambor rotativo. O sistema de preparação de xarope é completamente estanque desde a alimentação das matérias-primas até à pulverização no produto. Existem ainda micro-ingredientes que são pesados manualmente e alimentados ao sistema de preparação de licor através de um funil.

Posteriormente a mistura é transportada por um tapete até uma balança instalada em linha. Ao passar na balança, o equipamento (sistema de preparação de xaropes) recebe a indicação procedendo à pulverização, num tambor rotativo, de uma percentagem definida de um licor. O perigo associado a esta etapa é o desenvolvimento microbiológico devido a falhas na limpeza do tambor de aplicação.

Por gravidade o produto é transferido para o secador final onde lhe é aplicado ar quente produzido por queimadores internos, perdendo assim a sua humidade (humidade final do produto pode variar entre 2 e 6% dependendo do produto). Finalmente o produto é transportado por tapetes e elevadores de copos até à área de embalagem.

Depois de os cereais saírem do secador que tem por objetivo reduzir a humidade do produto, estes seguem para o sistema de peneiração, onde são retirados os cereais não conformes e o excesso de pó. Após este procedimento os cereais seguem para as balanças multicabeçais.

Com as balanças multicabeçais procede-se do modo seguinte:

1. Calibração das balanças;
2. Após a calibração a Chefe de Linha pede o valor nominal da referência dos cereais a embalar;
3. Chefe de Linha tem de verificar a controladora de peso, onde tem de escolher a gama do produto a embalar, tendo em conta a tara da película usada e os limites de aceitação de peso (limite superior e inferior).

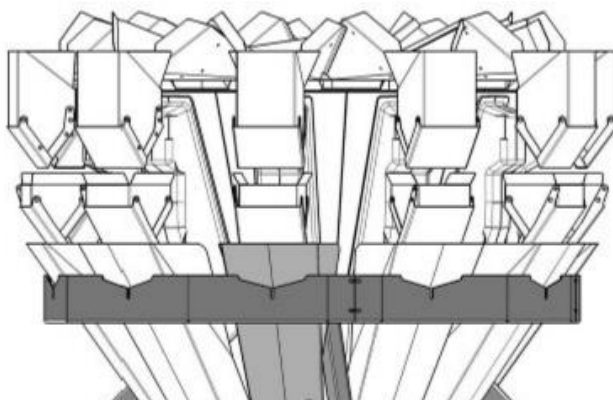


Figura 6 – Balança Multicabeçal

No início do processo de embalagem a Chefe de Linha retira 5 sacos, pesando os mesmos numa balança devidamente calibrada e confrontando os valores obtidos com os valores obtidos na controladora de peso: se os mesmos forem iguais pode prosseguir com o processo de

embalamento, significando que a controladora de peso se encontra devidamente calibrada.

No decorrer do processo de embalagem, a Chefe de Linha, de hora a hora, tem de registar os valores da controladora de peso, nomeadamente peso médio e desvio padrão, bem como fazer o teste de deteção de metal. Quando o valor do peso médio é inferior ao peso nominal tem de alertar de imediato o Chefe de Turno, fornecendo o valor médio e o desvio padrão para este verificar se o lote em causa pode prosseguir para o mercado.

Taras películas			
Linha 1		Película 40 my Linha 2, 3, 4 e 5	
Peso Nominal	Taras	Peso Nominal	Taras
375g	7g	300g	5g
500g	8g	375g	6g
550g	8g	500g	7g
550g impressa	11g	550g	8g
500g impressa	17g	625g	8g
1kg impressa	25g	750g	8g
Película Impressa Linha 2, 3, 4 e 5		Película 80 my Linha 2, 3, 4 e 5	
Peso Nominal	Taras	Peso Nominal	Taras
1 kg pétalas	22 g	500g	10g
1 kg estrelas	23 g		
1 kg SK	20 g		

Figura 7 - Taras de películas - controladora de peso

4.2.APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC

As etapas do método DMAIC, bem como as técnicas e ferramentas utilizadas em cada etapa da realização do projeto de melhoria, são apresentadas a seguir:

4.2.1. Definir

A definição do projeto Seis Sigma resultou de uma seleção dos processos mais importantes e que apresentavam algum problema, tanto do ponto de vista estratégico da organização como do ponto de vista da satisfação do cliente. Outro critério considerado na escolha do projeto foi a adequação do projeto à condição deste servir como projeto piloto para as restantes linhas de embalagem, bem como para a parte produtiva dos cereais de pequeno almoço.



Figura 8 - Pétalas de chocolate



Figura 9 - Estrelas de mel

Depois de discussões com o Responsável de Embalamento e restantes Chefes de Turno, optou-se pelo projeto de melhoria das linhas 3 e 4, para o embalamento de estrelas de mel e pétalas de chocolate; a escolha deveu-se a:

- Serem os produtos onde se verificam as maiores variabilidades nas pesagens;
- Por serem os produtos mais produzidos.

4.2.1.1. Título do projeto

Reduzir a variabilidade dos pesos líquidos e melhorar a estabilidade do processo de embalamento no que respeita ao valor médio embalado.

4.2.1.2. Descrição do problema

Tem-se verificado uma grande variabilidade na gramagem dos cereais que são embalados, nomeadamente valores acima do valor nominal, não ultrapassando o limite superior pois estes são rejeitados, pretendendo-se obter valores médios embalados mais próximos do valor nominal e reduzindo a variabilidade.

4.2.1.3. Consequências deste problema para os resultados da empresa

O problema em causa resulta em redução de lucro para a empresa, porque não conseguindo controlar as quantidades embaladas de forma correta, embala quantidades maiores do que o necessário, evitando assim o não cumprimento da lei. Este problema, quando extrapolado para a produção anual (que envolve toneladas de cereais) traduz um nível de quebras e de retrabalho muito acentuado. Na Tabela 3 encontra-se tabelada a produção de pétalas de chocolate e estrelas de mel no ano de 2015.

Tabela 2 - Produção anual de estrelas de mel e pétalas de chocolate nas diferentes gramagens

QN (g)	LINHA 3				LINHA 4			
	Pétalas de Chocolate		Estrelas de Mel		Pétalas de Chocolate		Estrelas de Mel	
	Produção anual (Kg)	Produção anual (UN)	Produção anual (Kg)	Produção anual (UN)	Produção anual (Kg)	Produção anual (UN)	Produção anual (Kg)	Produção anual (UN)
300	96655,8	322186	191853,6	639512	317937,6	1059792	94740	315800
375	547344	1459584	240003	640008	634892,25	1693046	136120	362986
500	190080	380160	13650	27300	787220	1574440	38350	76700
625	-	-	14700	23520	15843,75	24375	6480	10368
750	26100	34800	6567	8756	25380	33840	-	-
1000	-	-	7200	7200	399724	399724	194300	194300

Sabemos que o custo de produção de 1 Kg de estrelas de mel é de 0,7€ e 1 kg de pétalas de chocolate é 0,9€.

Assim sendo e partindo do pressuposto que é possível reduzir a variabilidade na gramagem dos cereais em torno das 2 gramas na unidade de venda ao público, encontramos abaixo tabelado o lucro anual esperado para a empresa, apenas nestes dois tipos de produtos embalados na linha 3 e na linha 4.

Tabela 3 - Lucro anual previsto nos diferentes produtos e diferentes gramagens

Peso (g)	LINHA 3				LINHA 4			
	Pétalas de Chocolate		Estrelas de Mel		Pétalas de Chocolate		Estrelas de Mel	
	Produção anual (UN)	Valor de ganho esperado (€)	Produção anual (UN)	Valor de ganho esperado (€)	Produção anual (UN)	Valor de ganho esperado (€)	Produção anual (UN)	Valor de ganho esperado (€)
300	322186	579,9€	639512	895,3€	1059792	1907,6€	315800	442,1€
375	1459584	2627,3€	640008	896,0€	1693046	3047,5€	362986	508,2€
500	380160	684,3€	27300	38,2€	1574440	2834,0€	76700	107,4€
625	-	-	23520	32,9€	24375	43,9€	10368	14,5€
750	34800	62,6€	8756	12,3€	33840	60,9€	-	-
1000	-	-	7200	10,1€	399724	719,5€	194300	272,0€
TOTAL DE LUCRO PREVISTO						15796,54€		

4.2.1.4. Project Charter

Project Charter, é o documento que depois e validado pela gestão, autoriza formalmente o projeto. Ele concede ao responsável do Projeto a autoridade para utilizar os recursos da organização na execução das atividades do projeto. Abaixo podemos observar um excerto do Project Charter do projeto realizado.

Tabela 4 – Documento de autorização de projeto

Caso de estudo			Declaração de oportunidade		
Nos últimos anos a empresa tem assegurado os requisitos impostos por lei no que refere ao controlo metrológico oferecendo de certa forma produto ao cliente, utilizou-se assim um projeto seis sigma para estudar o caso e verificar a possibilidade de diminuir este desvio.			Diminuição da variabilidade existente na gramagem dos cereais de pequeno almoço, podendo desta forma reduzir em média 2 gramas em cada unidade de venda.		
Objetivo			Âmbito do Projeto		
Identificar as variáveis que influenciam, propor melhorias para reduzir a gramagem, indo sempre de encontro os requisitos impostos por lei.			Data de inicio: 2 de Janeiro de 2016		
			Data do fim: 30 de Novembro de 2016		
Benefícios					
Aumento de lucros para empresa em torno dos 15000€ /anuais.					
Plano do projeto			Equipa do projeto		
Fase	Inicio	Fim	Nome	Papel	Compromisso
Definir	Janeiro	Fevereiro	Renato Faria	Líder	Alto
Medir	Março	Abril	Francisca M.	Black Belt	Médio
Analisar	Abril	Maio	Cláudia R.	Black Belt	Médio
Melhorar	Maio	Junho	Leandro A.	Black Belt	Médio
Controlar	Junho	Julho	Renata L.	Black Belt	Médio

4.2.2. Medir

Como já esperado existe um grande número de variáveis que influenciam o processo. Assim, esta etapa tem como objetivo verificar quais as que mais influenciam o processo tendo em vista o planeamento e a recolha de dados.

4.2.2.1. Brainstorming

Esta etapa de medição iniciou-se com um brainstorming. O objetivo deste brainstorming, para além de dar a conhecer o projeto seis sigma em estudo, teve como finalidade listar os fatores que interferem de forma clara no controlo metrológico dos cereais embalados. O diagrama de causa-efeito resultante do brainstorming apresenta-se na Figura 10.

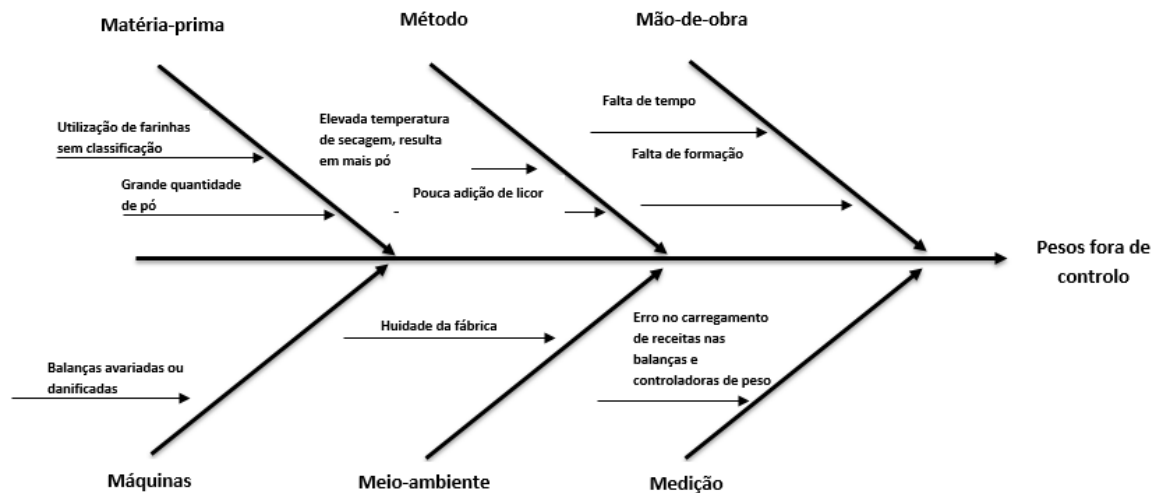


Figura 10 - Diagrama de causa-efeito

Com a análise do diagrama pode-se constatar que os fatores que interferem diretamente no processo de embalamento são a mão de obra e a medição, os outros fatores não vão ser postos em causa pois não se relacionam diretamente com a secção de embalamento, mas sim com a de produção.

Assim sendo, a má calibração das balanças e da controladora de peso são as variáveis que se encontram em estudo neste projeto, bem como a interferência humana nos equipamentos.

4.2.2.2. *Recolha de dados*

A recolha dos dados foi efetuada com a ajuda das chefes de linha, foi vista a receita que estava carregada na balança multicabeçal, e foram recolhidos os dados da controladora de peso como a média, o desvio padrão e o número de sacos.

Ao longo de uma produção estes dados foram registados de hora a hora para deste modo termos o maior numero de dados.

Para garantir uma maior fiabilidade nos dados recolhidos, o mesmo operador responsável pela linha de embalamento (Chefe de Linha) ocupou o mesmo lugar nas duas produções de estrelas de mel e pétalas de chocolate, para desta forma garantir que utiliza as mesmas técnicas e métodos de trabalho.

Os dados recolhidos nas duas linhas de embalamento linha 3 e linha 4 no que respeita à produção de estrelas de mel e pétalas de chocolate, são do mesmo lote de produção, com o objetivo de evitar isto para não haver interferências distintas no processo de embalamento no que respeita a à matéria prima usada na elaboração dos produtos, bem como as condições ambientais, nomeadamente humidade e temperatura do meio.

Com os dados recolhidos nas linhas de embalamento, nomeadamente nas controladoras de peso foi possível analisar a situação atual do processo.

Abaixo encontra-se uma análise detalhada dos resultados obtidos.

4.2.3. *Analisar*

4.2.3.1. *Análise da variação do peso médio ao longo da produção*

De seguida são apresentados os gráficos com os valores médios da produção de estrelas de mel e das pétalas de chocolate nas diferentes gramagens de unidades de venda ao público, onde se pode verificar o seu comportamento ao longo do tempo.

Em primeiro lugar analisaram-se as pétalas de chocolate nas duas linhas de embalagem nas diferentes gramagens, os resultados podem ser verificados abaixo.

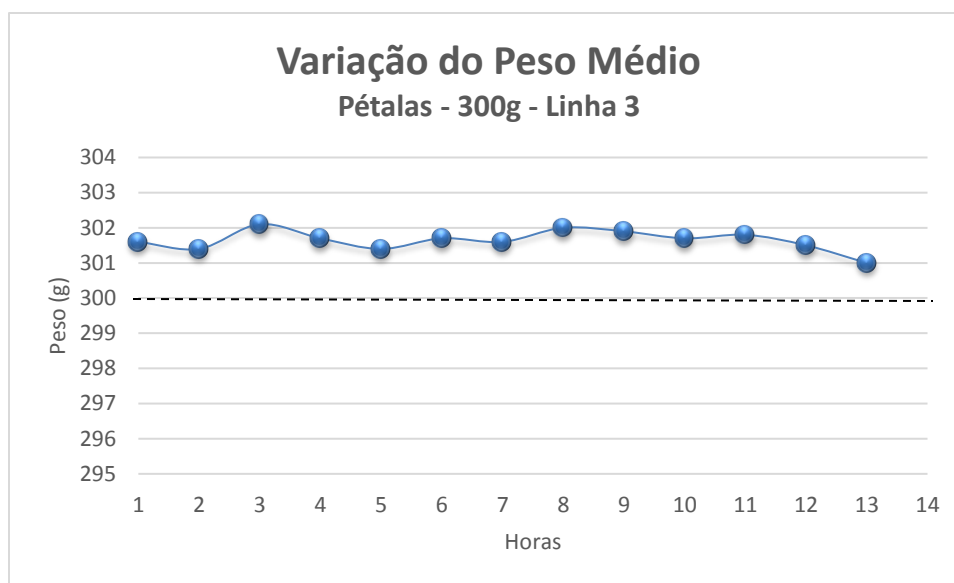


Figura 11 - Variação do peso médio das pétalas de 300g ao longo do tempo

Com a observação da figura 11, podemos constatar que ao longo do tempo de embalagem o peso médio não conseguiu manter um valor constante, tal como esperado, refletindo a variabilidade do processo. Deve, no entanto, salientar-se que os pesos médios se situam sempre muito acima do peso nominal (300g).

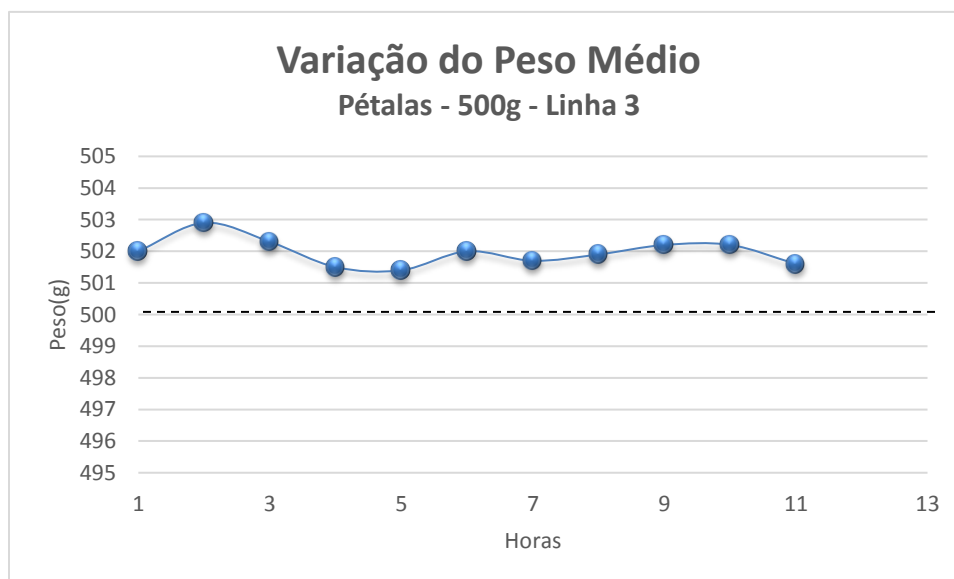


Figura 12 - Variação do peso médio das pétalas de 500g ao longo do tempo

Através da figura 12, o mesmo se verifica em relação às pétalas de 500g. Além disso, na segunda hora de produção, pode verificar-se um caso especial: uma subida de 1 g no peso médio, seguido de uma descida do mesmo teor. Este fator deve-se a erro humano: possivelmente a Chefe de Linha verificou que se encontravam alguns sacos de cereais a terem um peso inferior ao peso nominal, tomando a decisão de aumentar a quantidade pedida às balanças, posteriormente verificou que se encontrava a rejeitar muitos sacos com peso a mais na controladora de peso, baixando novamente a gramagem pedida.

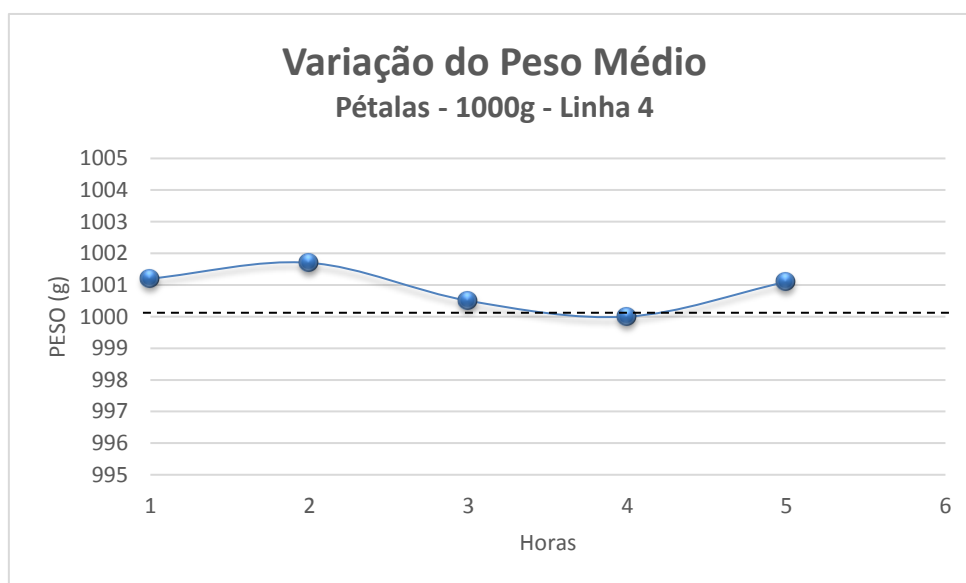


Figura 13 - Variação do peso médio das pétalas de 1000g ao longo do tempo

A figura 13, mostra o comportamento do peso médio ao longo do tempo no que se refere às unidades de venda ao público de 1000g. Verifica-se que este possui estabilidade ao longo do processo de embalamento, também se pode observar que este por vezes atinge o peso nominal, o que significa que algumas das embalagens que se encontram representadas neste valor médio encontram-se abaixo do peso nominal, embora tal só por si não significa que esteja a produzir unidades defeituosas.

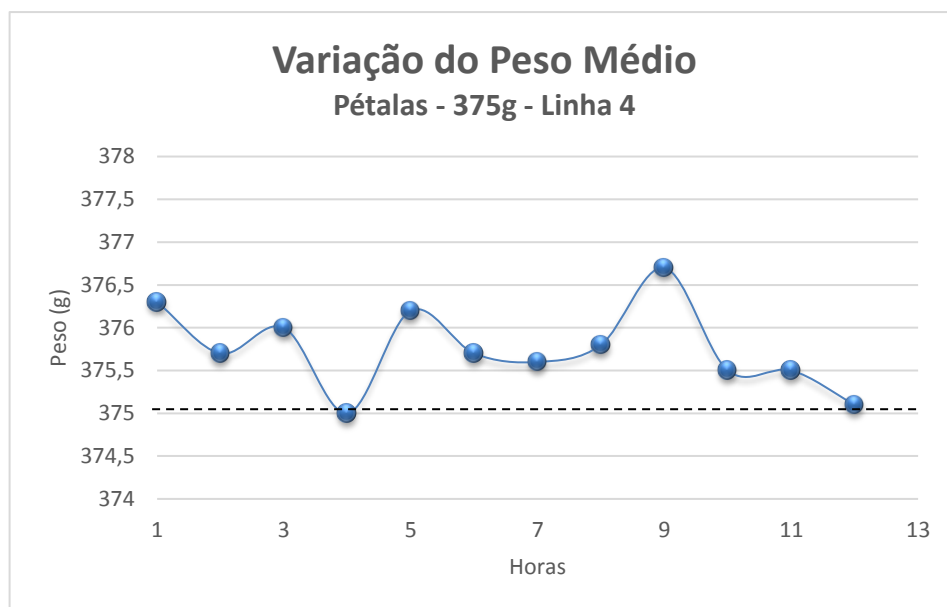


Figura 14 - Variação do peso médio das pétalas de 375g ao longo do tempo

A figura 14 mostra o comportamento das pétalas de 375g embaladas na linha 4 ao longo da produção. É de observar que existe uma instabilidade enorme no peso médio, com muitos casos especiais devido a erros humanos. Por exemplo observa-se que a partir da terceira hora ocorre uma descida do peso médio, pois a Chefe de Linha verificou que a gramagem estava muito elevada e reduziu as balanças para uma gramagem inferior como consequência, na quarta hora observa-se que o valor do peso médio atingiu o valor nominal, mas depois aumentou significativamente. Nesta situação a Chefe de Linha aumentou novamente ao valor pedido às balanças.

Após a observação do peso médio das pétalas de chocolate efetuou-se o mesmo procedimento para as estrelas de mel, nas mesmas linhas de embalagem.

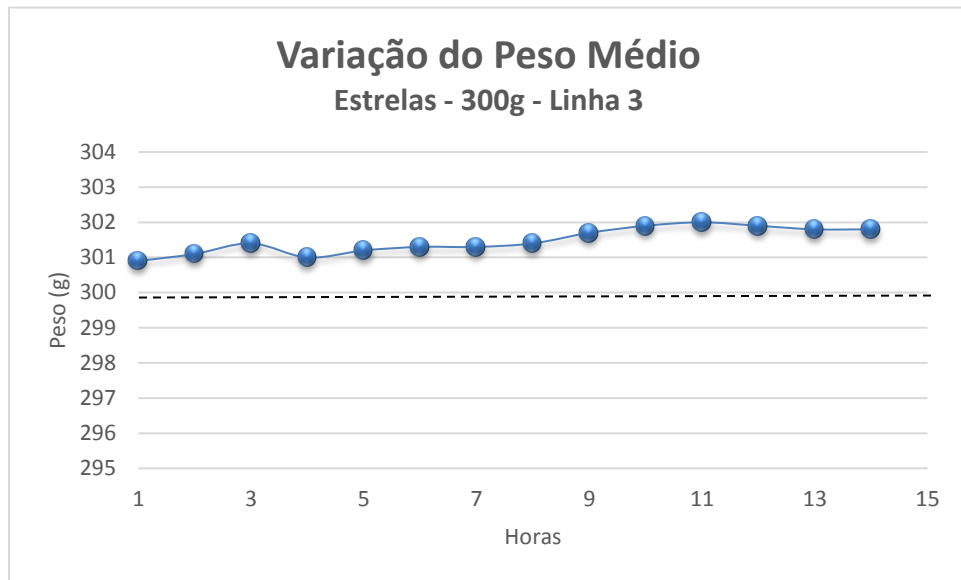


Figura 15 - Variação do peso médio das estrelas de 300g ao longo do tempo

No que respeita às estrelas embaladas na linha 3 com uma gramagem de 300g, observa-se com a ajuda da figura 15, que o peso médio tende a aumentar ao longo do tempo. Outra questão a salientar é que este nunca atinge o valor nominal o que significa que possivelmente se esta a embalar bastante acima das 300g.

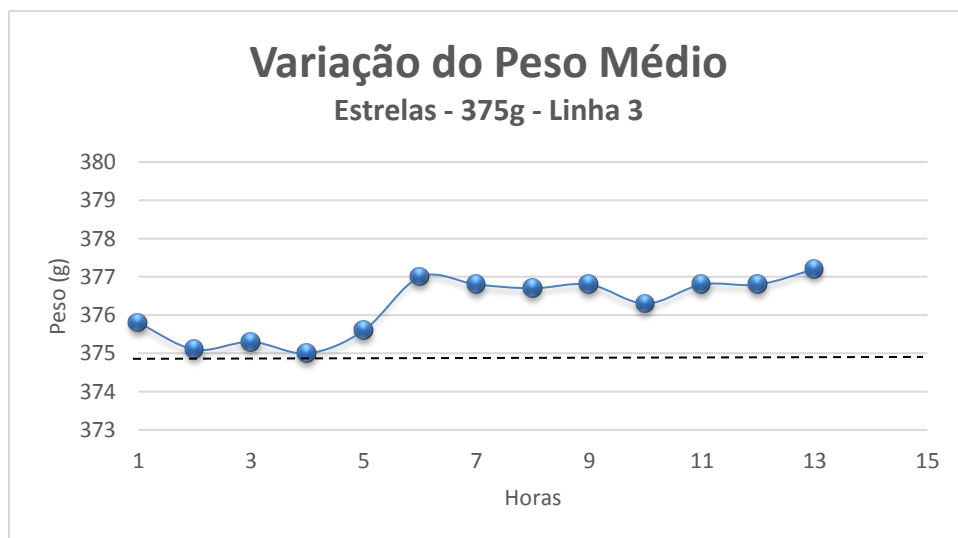


Figura 16 - Variação do peso médio das estrelas de 375g ao longo do tempo

Com a observação da figura 16, podemos constatar que as estrelas de mel com gramagem 375g embaladas na linha 3, não se consegue manter um valor constante ao longo do tempo, verifica-se que o valor do peso médio tende a aumentar no decorrer do processo de embalamento. Este facto é devido à ocorrência de rejeitados na controladora de peso. Esta situação é resolvida quando a Chefe de Linha regula as balanças para gramagem superior.



Figura 17 - Variação do peso médio das estrelas de 1000g ao longo do tempo

Na da figura 17 pode verificar-se que também na QN de 1000g das estrelas de mel tende a subir ao longo do tempo. Verifica-se que este valor é instável, no início do processo de embalamento e em dadas alturas consegue atingir o valor nominal ou andar próximo do mesmo.

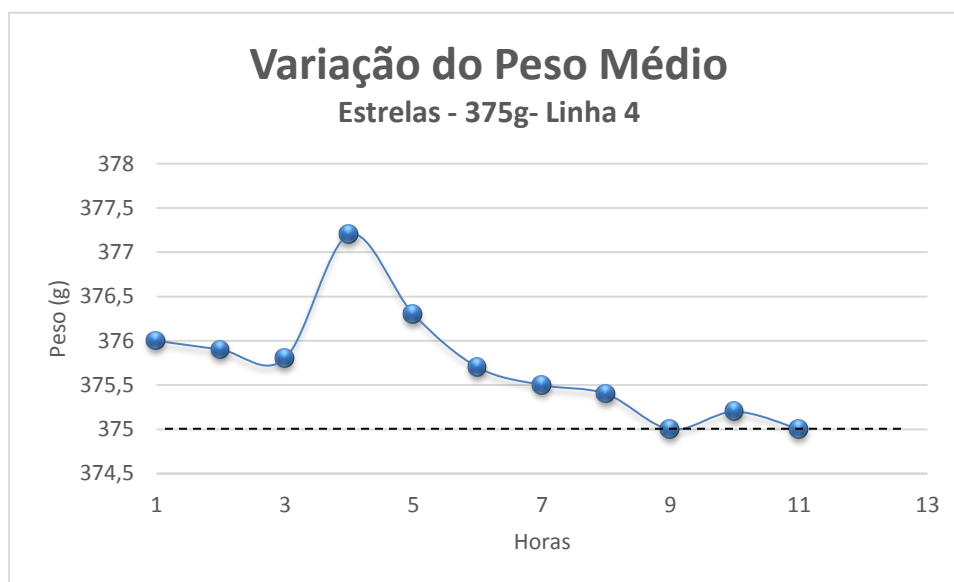


Figura 18 - Variação do peso médio das estrelas de 375g ao longo do tempo

A figura 18 mostra o comportamento das estrelas de mel com gramagem de 375g embaladas na linha 4. Ao contrário de todos os outros casos, neste verifica-se que o valor tende a diminuir ao longo do tempo. Inicialmente encontra-se com valores demasiado elevados, já no final do processo de embalamento este consegue atingir o peso nominal. Esta situação é explicada pela ocorrência de limpeza das balanças e calibração das mesmas.

Na quarta hora podemos verificar que o peso médio subiu e posteriormente desceu, uma vez mais este caso especial deve-se à influência humana.

Pode concluir-se com este estudo que todos os produtos estão a ser embalados em quantidades bastante superiores às quantidades nominais. Basta verificar que as médias embaladas deveriam oscilar para cima e para baixo em torno da QN, mas verifica-se que estão sempre acima deste valor.

4.2.3.2. Cálculo da estimativa do desvio padrão comum

Abaixo apresenta-se o cálculo do desvio padrão da máquina para cada um dos produtos nas diferentes gramagens. Nesta etapa vamos verificar se as “balanças” trabalham de forma a poder cumprir com o estipulado na legislação aplicável no que respeita aos erros admissíveis.

Exemplo de cálculo – Pétalas 300g – Linha 3

$$\hat{\sigma}_{comum} = \sqrt{\frac{1}{(\sum_{i=1}^N n_i) - N} \sum_{i=1}^n (n_i - 1) s_i^2}$$

$$\sigma_{comum} = \sqrt{\frac{60744,5}{24025 - 13}}$$

$$\sigma_{comum} = 1,6$$

Tabela 5 - Valores da estimativa do desvio padrão comum nas diferentes gramagens

PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	1,6	1,6	-	-
375	-	1,8	1,8	1,8
500	1,3	-	-	-
1000	-	-	3,1	2,9

Tabela 6 - Valores da média ponderada nas diferentes gramagens

PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	301,9	301,6	-	-
375	-	376,7	376,2	376,9
500	502,8	-	-	-
1000	-	-	1001,7	1001,8

Abaixo encontram-se tabelado o erro admissível para as quantidades nominais em estudo, o desvio padrão calculado para as diferentes máquinas em diferentes quantidades nominais e esse desvio multiplicado por 4. Com estes valores vamos verificar se as balanças conseguem trabalhar dentro deste intervalo, através da análise do desvio padrão das máquinas apresentado acima.

Tabela 7 - Erro admissível para as quantidades nominais em estudo (adaptado da Portaria 198/91).

Quantidade Nominal (g)	Erro admissível (g)
300	9
375	11,2
500	15
1000	15

Como podemos constatar atendendo que a $QN - 4 \times \sigma$ deve ser superior ao limite inferior de especificação e à QN menos o erro admissível, a balança Multicabeçal de ambas as linhas de embalagem, encontram-se preparadas para trabalhar de acordo com a legislação, assim sendo não existe motivo aparente para o processo ser tão instável.

4.2.3.3. Capacidade do processo

A característica do peso é uma variável que depende da quantidade de produto que as balanças fornecem, estas variam de acordo com as combinações que cada balança faz.

Como anteriormente visto existem muitos casos especiais na variação do peso médio de todas as gramagens embaladas e as amostras não possuem o mesmo tamanho, assim sendo o mais correto é analisar a capacidade de processo a curto prazo, o qual nos vai dizer a percentagem de defeituosos produzidos por excesso e por defeito, que resulta da comparação dos valores $\mu - 3\sigma$ estimado comum com limite inferior de especificação (LIE) e $\mu + 3\sigma$ estimado comum com limite superior de especificação (LSE). Na tabela 8 segue a capacidade do processo para as diferentes linhas nas diferentes gramagens.

Tabela 8 - Valores da capacidade do processo

PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	1,9	1,9	-	-
375	-	2,1	2,1	2,1
500	3,8	-	-	-
1000	-	-	1,6	1,7

Abaixo segue o exemplo de cálculo da capacidade do processo para as pétalas de 300g embaladas na Linha 3.

$$Cp = \frac{VoC}{VoP} = \frac{LSE - LIE}{LSP - LIP} = \frac{18}{6 \times 1,6} = 1,9$$

4.2.3.4. Determinação do nível sigma

Uma das métricas importantes no estudo dos processos é o PPM (defeitos por milhão). Trata-se de estimar a percentagem de defeituosos produzidos por excesso e por defeito.

Para a determinação do nível sigma iniciou-se com o cálculo do Z de longo prazo (as amostras para a determinação foram recolhidas num período considerado de longo prazo e os valores apresentaram uma distribuição que pode ser considerada normal).

Abaixo segue o exemplo de determinação do nível sigma para as pétalas de 300g embaladas na linha 3.

Quantidade Nominal (QN): 300g

Média Ponderada ($\hat{\mu}$): 301,9g

Desvio padrão da máquina (σ_{comum}): 1,6

Erro Admissível (EAD): 9g

As especificações serão: LIE = QN-EAD = 291 e LSE = QN+EAD = 309

% de PPM à esquerda do LIE: $Z_1 = \frac{LIE - \hat{\mu}}{\sigma_{comum}} = \frac{(291 - 301,9)}{1,6} = -6,81 \rightarrow \% \text{ PPM} \approx 0$

% de PPM à direita do LSE: $Z_2 = \frac{LSE - \hat{\mu}}{\sigma_{comum}} = \frac{(309 - 301,9)}{1,6} = 4,43 \rightarrow \% \text{ PPM}: 4,71$

Soma da % de PPM: $(0 + 4,71) = 4,71$

Nível z: 4,4 - Valor z retirado das tabelas da distribuição normal

Como se pode verificar através destes cálculos, para estimar o nível sigma, basta usar os defeituosos totais (DPMO) e procurar numa tabela da distribuição normal o valor de z correspondente.

Tabela 9 - Nível sigma do processo atual

Nível Sigma				
PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	4,4	4,6	-	-
375	-	5,3	5,6	5,2
500	> 6	-	-	-
1000	-	-	4,3	4,6

De acordo com os valores acima obtidos, podemos verificar que todas as gramagens embaladas em ambas as linhas possuem um nível sigma elevado, o que significa que existem muito poucos defeitos. Tal situação é satisfatória como já era de esperar, pois sabemos que a empresa opta por colocar gramagem a mais para garantir os requisitos impostos por lei, este fator também é devido aos valores dos limites de aceitabilidade segundo a legislação, uma vez que temos uma faixa alta torna os resultados obtidos favoráveis. Como sabemos todos os gráficos de distribuição normal encontram-se deslocados à direita, isto é, as embalagens possuem um peso médio bastante superior ao peso nominal, o objetivo é tentar deslocar o gráfico da distribuição normal para a esquerda, mais próximo do valor nominal.

4.2.4. Melhorar

Após a análise da situação acima constataram-se vários aspetos, os quais podem ser vistos abaixo, bem como os métodos para os combater, para verificar qual a interferência dos mesmos no processo de embalagem, nomeadamente no controlo metrológico.



Figura 19- Pó de estrelas nas pás doseadoras

- **Excesso de pó** - Verificou-se que ao longo do tempo o pó fica agarrado às balanças, contribuindo de certa forma para uma má calibração das mesmas, este pó que se encontra agarrado, em certas alturas cai o que interfere no peso do produto, significa que alguns sacos vão com peso a mais e que as balanças se encontram mal taradas, ou

seja estas que tinham sido taradas com o pó passam a dosar mal o produto. A solução passou por efetuar uma limpeza com uma duração de 15 minutos por turno nas balanças. Esta limpeza é efetuada aquando da substituição das lâminas da extrusora, já que o embalamento encontra-se com falta de produto não interferindo de forma alguma na eficiência e nos indicadores avaliados.



Figura 20 - Pó das estrelas de mel nas balanças

- **Calibração** - A calibração das controladoras de peso é um processo essencial, verificou-se que algumas das chefes de Linha tinham algumas dificuldades na calibração da mesma, isto devido a serem novas na função que exercem e à falta de formação. Assim sendo efetuaram-se três calibrações das controladoras de peso por turno, a primeira quando entram no posto de trabalho, a segundo após a pausa para a refeição e a terceira passada duas horas. Esta calibração constitui-se em duas fases, a primeira em realizar uma calibração estática, isto é, colocar a controladora de peso com a tara a zero, pois com o tempo de trabalho vai alterando. A segunda calibração consistiu em realizar uma calibração dinâmica, onde o mesmo saco com o peso nominal exato do produto a embalar é passado 20 vezes, desta forma a controladora de peso calculou a diferença dinâmica existente, isto é a diferença do peso do saco quando se encontra em repouso e quando o mesmo está em movimento.
- **Práticas de rotina** - Outro fator essencial nesta etapa é a verificação da tara do saco. Detetou-se que por vezes o saco não possui a tara que se encontra marcada na controladora de peso, isto devido à densidade do produto a embalar: quando o produto possui uma densidade maior, existe a necessidade de aumentar um pouco ao tamanho do saco, o que vai interferir nos limites de rejeição e, possivelmente, causar reclamações por parte do cliente. Assim sendo, após reflexão sobre todas as praticas que se realizam, na empresa, no sector do embalamento, eliminaram-se muitos dos problemas existentes e

controlaram-se outros. Além disso, pediu-se á Chefe de Linha para não alterar as gramagens pedidas ás balanças pois alterar os valores na sequência das leituras efetuadas era uma causa de variabilidade especial.

4.2.4.1. ***Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo depois da intervenção***

Após ter intervindo nas possíveis causas, retirou-se novamente os dados, isto é o peso nominal, o desvio padrão e o número de sacos de hora a hora. Os resultados encontram-se abaixo ilustrados, fazendo uma comparação da variação do peso médio e desvio padrão antes e depois da intervenção.

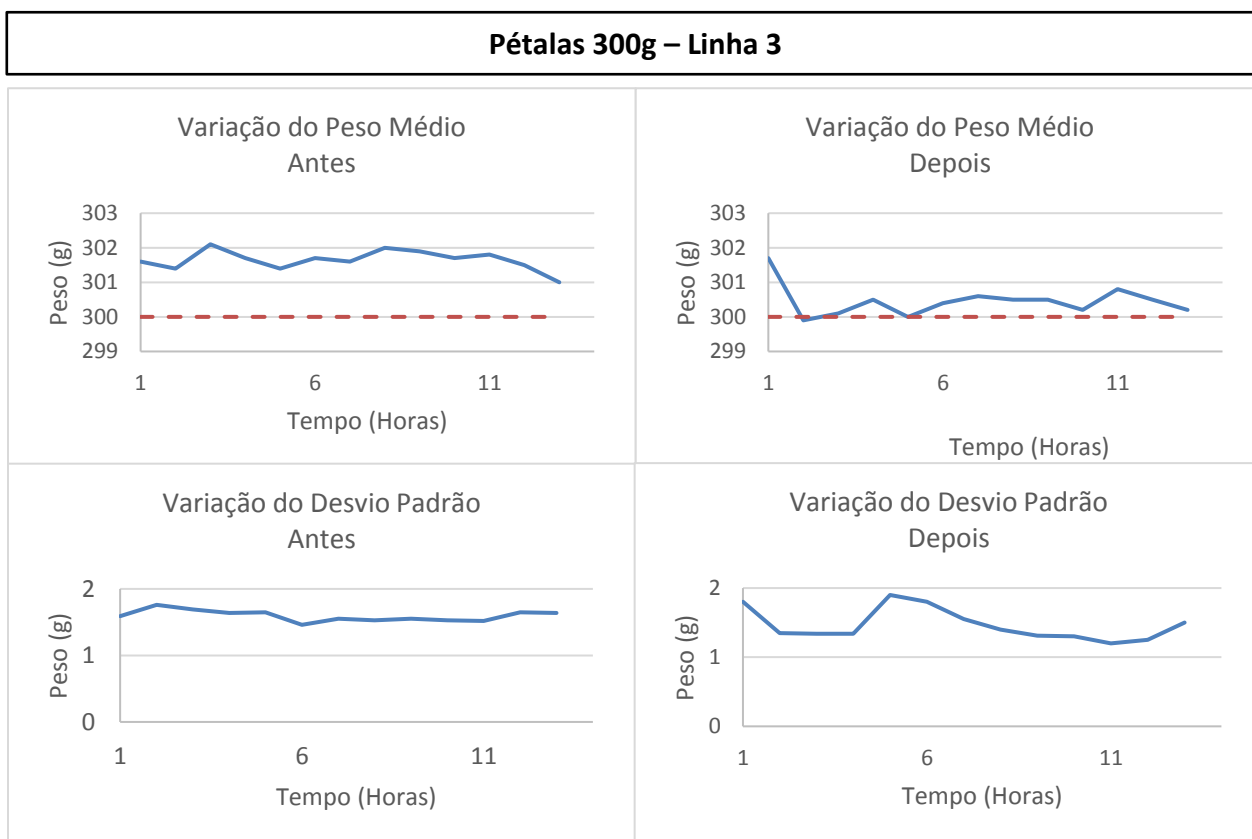


Figura 21 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das pétalas de 300g, antes e depois da intervenção

Através da observação da figura 21, podemos verificar que depois de se limpar o pó que se encontrava na balança Multicabeçal, e das várias calibrações efetuadas na controladora de peso da linha 3, o valor médio desceu drasticamente em cerca de 1g, este comportamento é verificado ao longo de todo o tempo quando comparado com a situação anterior, mantendo-se muito perto do peso nominal pretendido. Quanto ao desvio padrão verifica-se que este também desceu, mantendo à mesmo alguma variação.

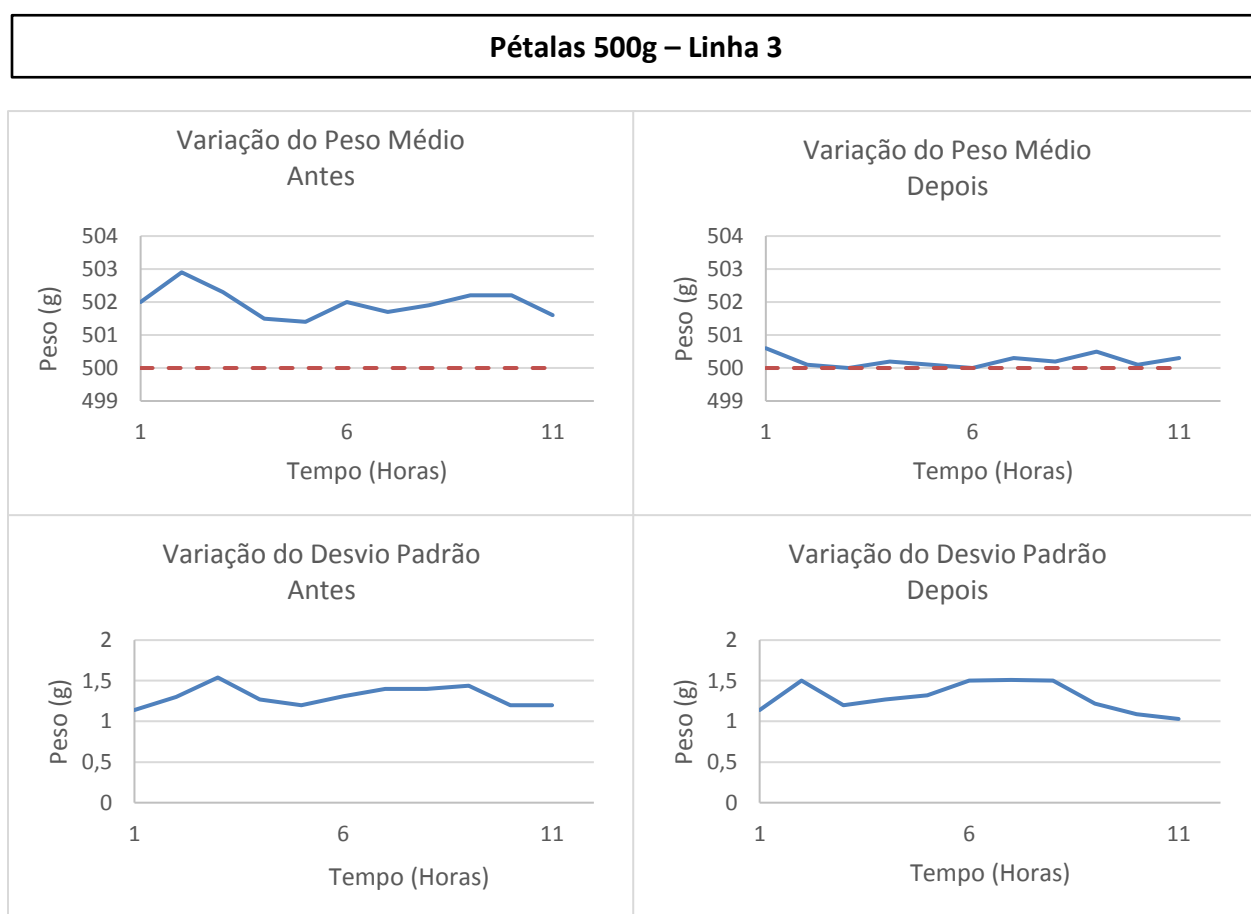


Figura 22 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das pétalas de 500g, antes e depois da intervenção

A figura 22 apresenta a variação do peso médio ao longo do tempo no caso das pétalas de chocolate com uma gramagem de 500g embaladas na linha 3, nesta situação pode

observar-se ocorreu uma redução significativa no valor do peso médio, este antes de se ter efetuado alguma modificação no processo encontrava-se m torno das 502g, após intervenção o mesmo baixou para um valor médio muito próximo do peso nominal. Verifica-se ainda que este ao longo do tempo de produção se encontra muito estável. Quanto ao desvio padrão verifica-se uma descida ligeira, mas mantém alguma variabilidade.

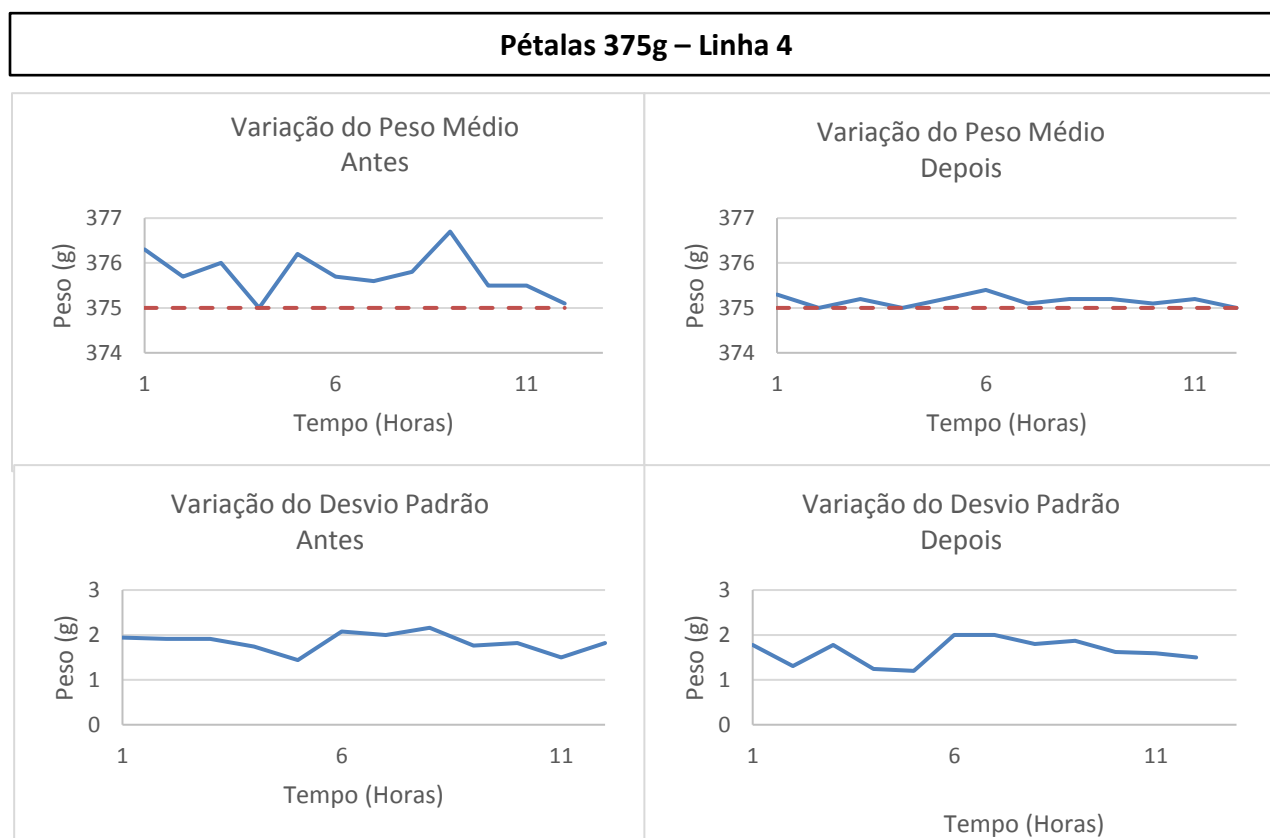


Figura 23 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das pétalas de 375g, antes e depois da intervenção

Através da observação da figura 23, podemos verificar que as pétalas com uma gramagem de 375g embaladas na linha 4 o peso médio variava muito ao longo do tempo. Após intervenção nas balanças e na controladora de peso verifica-se uma mudança neste aspeto e também no valor do mesmo, este aproximou-se muito mais do valor nominal que anterior, deixando de existir a mesma quantidade de casos especiais.

Pétalas 1000g – Linha 4

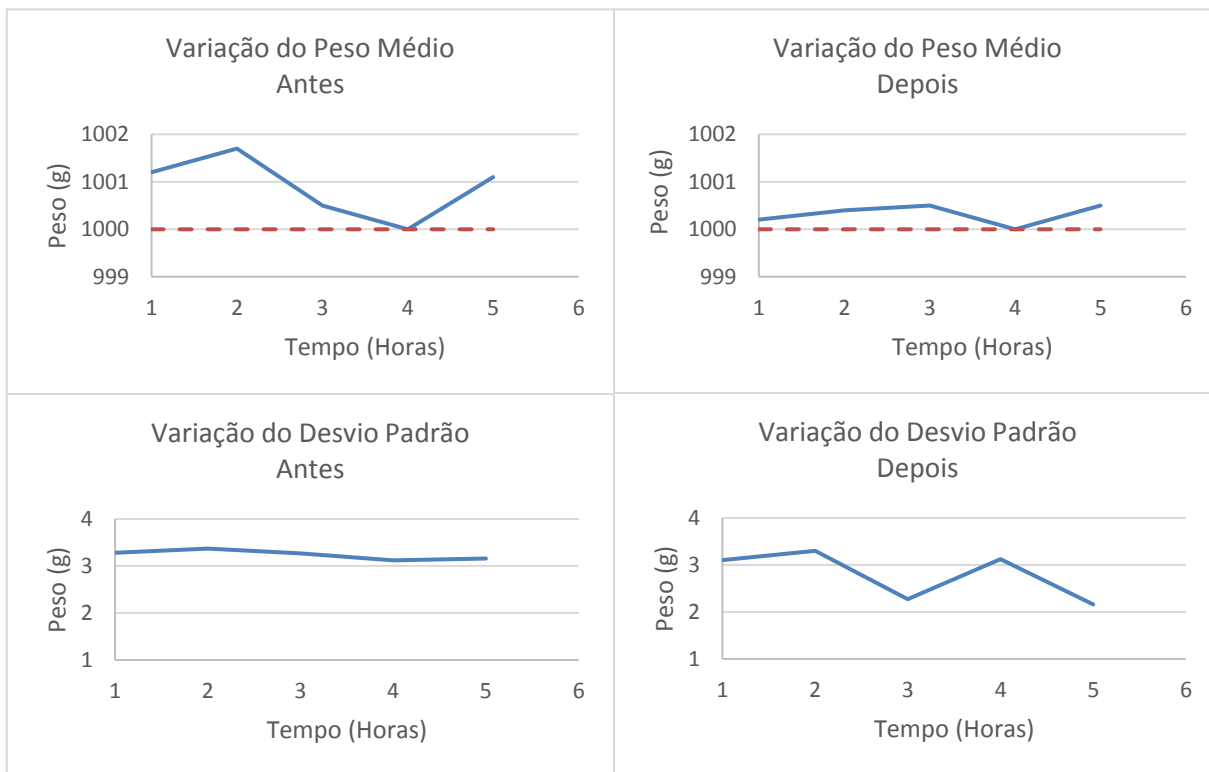


Figura 24 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das pétalas de 1000g, antes e depois da intervenção

A figura 24 mostra a variação do peso médio ao longo do tempo no caso das pétalas de chocolate com uma gramagem de 1000g embaladas na linha 4, constatamos que ocorreu uma redução do peso médio ao longo do tempo, esta descida não é muito acentuada quando comparada com que ocorreu nas outras gramagens, mas mesmo assim encontra-se mais estável que anteriormente. Quanto ao desvio padrão verifica-se uma descida do mesmo, mas existe alguma variabilidade.

Após analisarmos as pétalas de chocolate, onde verificamos que de um modo geral ocorreram variações positivas no processo, como a redução do valor do peso médio e uma redução na instabilidade desse valor, vamos analisar as estrelas de mel. Como já referido anteriormente este produto é diferente em termos de composição, nomeadamente nas matérias primas e sobretudo na taxa de aplicação de licor.

Estrelas 300g – Linha 3

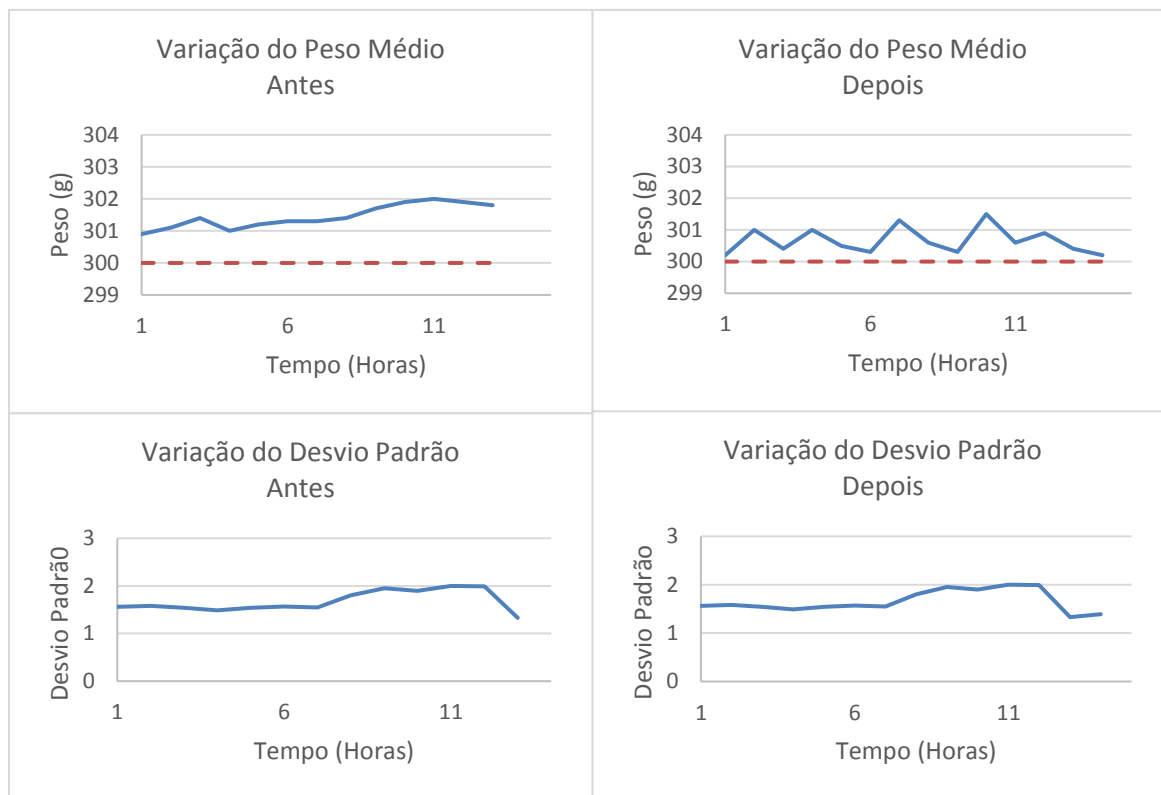


Figura 25 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das estrelas de 300g, antes e depois da intervenção

A figura 25 mostra a variação do peso médio ao longo do tempo no caso das estrelas de mel com uma gramagem de 300g embaladas na linha 3, observa-se que o peso médio antes e após a intervenção continua muito instável, embora depois de calibrar a controladora de peso e efetuar limpeza nas balanças este valor desceu.

Estrelas 375g – Linha 3

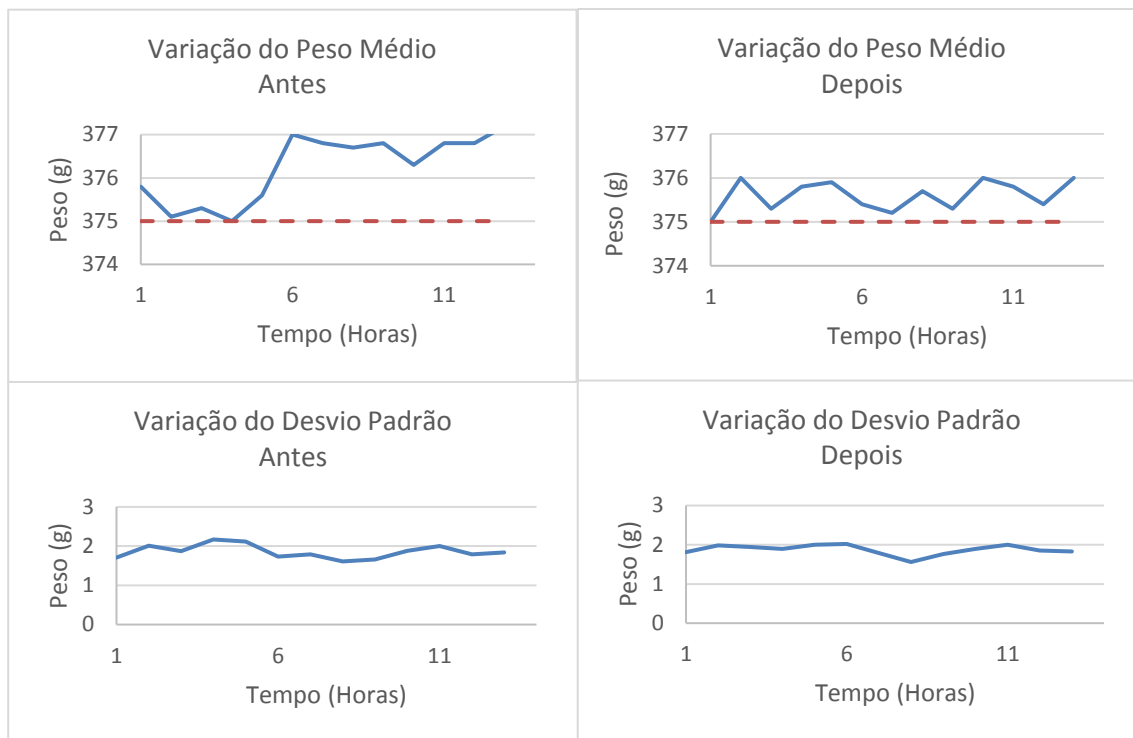


Figura 26 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das estrelas de 375g, antes e depois da intervenção

A figura 26 mostra que as estrelas de mel mantiveram um peso médio muito mais estável após intervenção mantendo-se muito mais próximo do valor nominal que anteriormente. No que respeita ao desvio padrão verifica-se que este mantém os mesmos valores, mas de uma forma mais estável.

Isto é uma prova que a limpeza e as calibrações são um fator fundamental para se manter valores estáveis sem desvios muito grandes ao valor nominal.

Estrelas 1000g – Linha 4

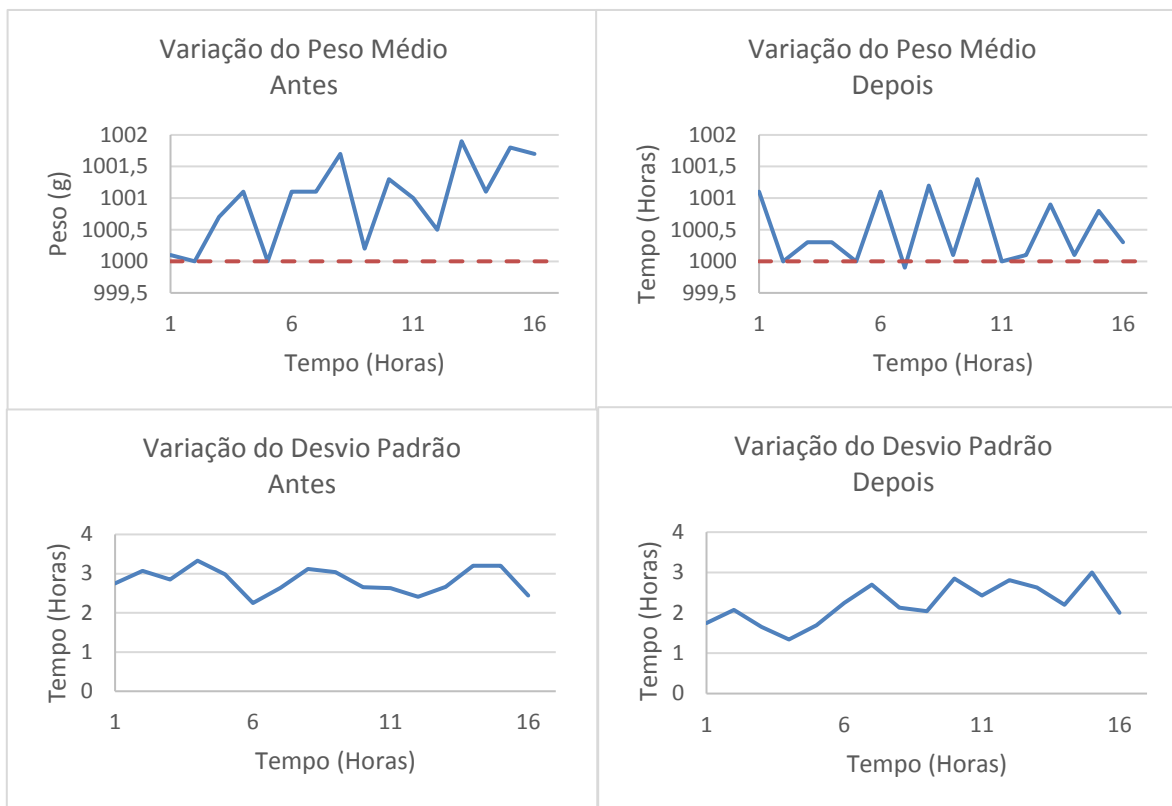


Figura 27 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das estrelas de 1000g, antes e depois da intervenção

Através da observação da figura 27, podemos verificar que as estrelas de mel com uma gramagem de 1000g embaladas na linha 4, o peso médio variava muito ao longo do tempo. Após intervenção nas balanças e na controladora de peso, verifica-se pouca mudança neste aspeto e também no valor do mesmo, este atingiu valores mais baixos, mas não os desejados.

Estrelas 375g – Linha 4

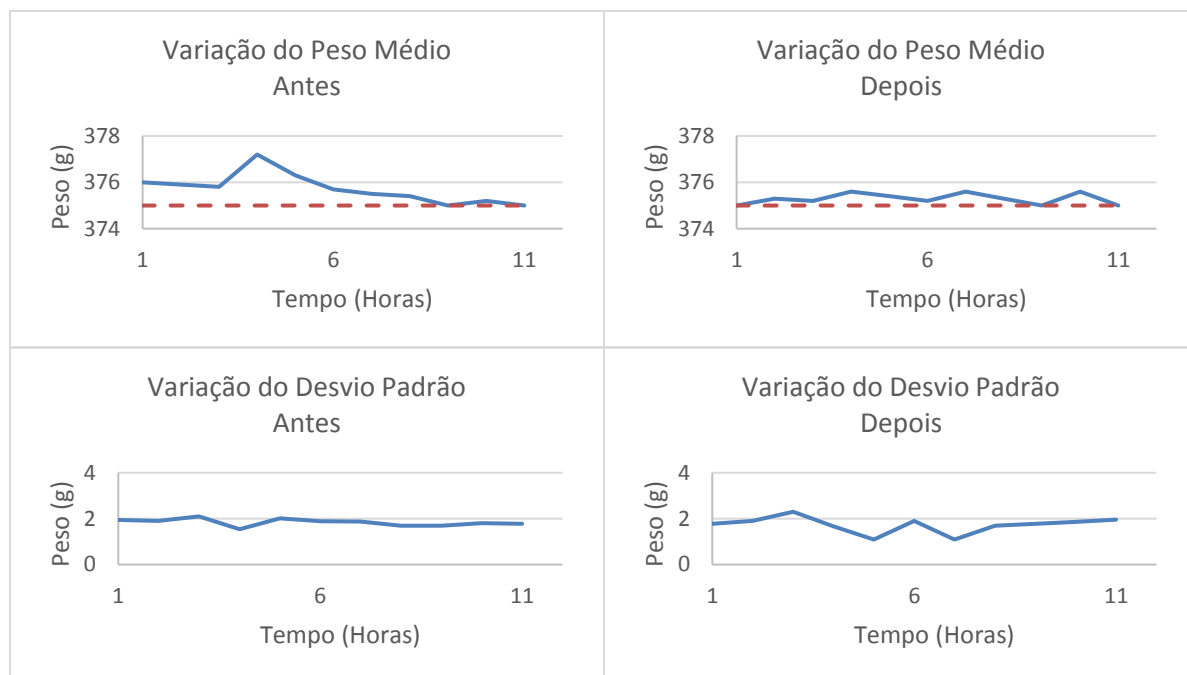


Figura 28 - Variação do peso médio e desvio padrão ao longo do tempo das estrelas de 375g, antes e depois da intervenção

A figura 28 apresenta a variação do peso médio ao longo do tempo no caso das estrelas de mel com uma gramagem de 375g embaladas na linha 4, nesta situação pode observar-se ocorreu uma redução significativa no valor do peso médio. Verifica-se ainda que este ao longo do tempo de produção se encontra muito estável.

4.2.4.2. Cálculo da estimativa do desvio padrão comum

Tabela 10 - Valores da estimativa do desvio padrão comum nas diferentes gramagens, após intervenção (limpeza e calibração).

PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	1,4	1,5	-	-
375	-	1,7	1,6	1,7
500	1,3	-	-	-
1000	-	-	2,7	2,3

Com observação da tabela 10 e da tabela 5, podemos verificar que ocorreu uma descida da estimativa do desvio padrão comum, isto significa que a máquina encontra-se a produzir embalagens com menos variabilidade entre si. Outro facto a salientar é que continua dentro dos requisitos impostos por lei, não produzindo embalagens com defeito.

Esta descida deve-se à limpeza das balanças e à calibração, onde conseguimos obter embalagens com menor variabilidade de peso entre si. Como o pó é removido este não entra para dentro da embalagem para aumentar o seu peso, nem fica nas balanças para contribuir para a má calibração das mesmas.

Tabela 11 - Valores da média ponderada nas diferentes gramagens antes e após intervenção (limpeza e calibração).

PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	301,9/300,3	301,6/300,5	-	-
375	-	376,7/375,6	376,2/375,1	376,9/375,1
500	502,8/500,2	-	-	-
1000	-	-	1001,7/1000,3	1001,8/1000,2

Na tabela 11, podemos verificar a média do peso das diferentes embalagens antes e depois de se mudar as práticas de rotina, limpeza das balanças e calibração da controladora de peso. Observa-se que em todos os casos este valor desceu o que é muito satisfatório, indicando-nos, assim, que estamos a aproximar do valor nominal, não indo contra os requisitos impostos por lei.

Tabela 12 - Diferença de Valores da média ponderada nas diferentes gramagens de estrelas de mel e pétalas de chocolate, antes e após intervenção (limpeza e calibração).

PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	-1,6	-1,1	-	-
375	-	-1,1	-1,1	-1,8
500	-2,6	-	-	-
1000	-	-	-1,4	-1,6

A tabela 12 indica-nos em termos de valores a descida do peso médio das embalagens nas diferentes gramagens nas duas linhas de embalagem. Esta mostra-nos que todas desceram no mínimo 1g.

A proposta inicial, que consistia em conseguir uma redução de 2g por embalagem, era demasiado otimista e não se verificou. Aliás, tal facto não podia acontecer pois ao retirar essas 2g iríamos cair numa situação que violaria os requisitos impostos por lei.

Observa-se que a maior descida ocorreu nas pétalas com uma gramagem de 500g embaladas na linha 3: ocorreu uma descida de 2,6g. Este valor é muito satisfatório pois além do peso médio se encontram acima do peso nominal, a empresa conseguiu obter bastantes lucros no que respeita a esta gramagem.

As restantes gramagens também desceram, o que vai contribuir para maior rentabilidade na empresa.

Com o término do projeto onde se especulou com base na produção de 2015 e uma redução de 2g no valor do peso médio um aumento de lucros para a empresa em torno dos 15 000€ não foi atingido devido a vários fatores anteriormente visto. Assim sendo a empresa conseguirá um lucro em torno dos 11 000€, sendo de todo um valor bastante apreciável, visto que só foram analisados dois produtos e duas linhas de embalagem.

4.2.4.3. Capacidade do Processo

Abaixo segue a capacidade do processo para as diferentes linhas nas diferentes gramagens após se ter intervindo no processo de embalagem, este cálculo foi efetuado da mesma forma do cálculo da capacidade do processo a longo prazo na fase inicial, antes de se efetuar a limpeza das balanças e calibração da controladora de peso.

Tabela 13 - Valores da capacidade do processo após intervenção (limpeza e calibração).

PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	2,1	2,0	-	-
375	-	2,2	2,3	2,2
500	3,8	-	-	-
1000	-	-	1,9	2,2

Abaixo segue o exemplo de cálculo da capacidade do processo para as pétalas de 300g embaladas na Linha 3.

$$Cp = \frac{VoC}{VoP} = \frac{LSE - LIE}{LSP - LIP} = \frac{18}{6 \times 1,4} = 2,1$$

Com a observação da tabela 13 e comparação com a tabela 8, onde se encontram listados os valores da capacidade do processo antes e depois de se efetuar limpezas nas balanças e calibração das controladoras de peso, pode-se verificar que este valor aumentou em todas as gramagens embaladas nas duas linhas de embalagem. O resultado obtido indica-nos que existe uma menor variabilidade no embalamento, tendo aumentado a possibilidade de cumprimento das especificações. Além disso, as distribuições dos pesos embalados encontram-se mais centrados nessas especificações.

4.2.4.4. Nível Sigma

Tabela 14 – Valores do nível sigma após intervenção (limpeza e calibração)

Nível Sigma				
PESO (g)	Linha 3		Linha 4	
	Pétalas	Estrelas	Pétalas	Estrelas
300	5,6	5,7	-	-
375	-	> 6	> 6	5,4
500	> 6	-	-	-
1000	-	-	> 6	> 6

A tabela 14 mostra o nível sigma obtido após a fase analisar, calculado do seguinte modo:

Quantidade Nominal (QN): 300g

Média Ponderada ($\hat{\mu}$): 300,3g

Desvio padrão da máquina (σ_{comum}): 1,4

Erro Admissível (EAD): 9g

As especificações serão: LIE = QN-EAD = 291 e LSE = QN+EAD =309

% de PPM à esquerda do LIE: $Z_1 = \frac{LIE - \hat{\mu}}{\sigma_{comum}} = \frac{(291 - 300,3)}{1,4} = -6,64$ - % PPM ≈ 0

% de PPM à direita do LSE: $Z_2 = \frac{LSE - \hat{\mu}}{\sigma_{comum}} = \frac{(309 - 300,3)}{1,4} = 6,21$ - % PPM: 0,0095

Soma das % PPM: (0,0095+0,0095) = 0,0019

Nível z: 5,6 - Valor z retirado das tabelas da distribuição normal

Estes valores quando comparados com os valores resultantes da medição antes de se efetuar qualquer alteração ao processo encontram-se superiores, isto indica que o nível de qualidade aumentou. Na realidade não pode dizer-se que o nível de qualidade "potencial" antes era mau, pois os valores para o nível sigma já eram muito elevados. Tal significa que os equipamentos são muito bons, mas que as práticas tinham de ser melhoradas. O processo

encontrava-se dentro dos níveis de qualidade desejáveis, entendendo por tal o cumprimento das especificações. Após se terem eliminado algumas lacunas no processo de embalagem, verificamos que o valor sigma aumentou, o que se traduz num aumento de qualidade. Mas também mostra que a níveis sigmas elevados corresponde a necessidade de um controlo muito mais eficaz dos equipamentos e das práticas industriais. O nível sigma é bastante elevado pois a legislação aplicável está definida para vários países e para todo o tipo de equipamentos, desde os mais antigos, que acabam por produzir mais defeituosos, até aos mais recentes que possuem um maior nível de precisão.

4.2.5. Controlar

Após a implementação das ações de melhoria na fase anterior, é garantido o acompanhamento por um certo período de tempo das ações, para assegurar que os processos não se desviam dos padrões definidos. A passagem por esta fase permite o controlo e estabilização do processo.

Com esta fase, o impacto e eficácias das melhorias são avaliadas ao longo do tempo, problemas que ocorram com as ações são eliminados através da monitorização contínua do processo, com o objetivo de manter o processo sempre sob controlo.

Para avaliar o impacto das ações de melhoria, foram construídas as cartas de controle para os diferentes produtos nas duas linhas de embalagem, as quais podem ser verificadas abaixo. Segundo vários autores as amostras não devem ser muito grandes, devem ser de tamanho 4 ou 5, para não esconder as eventuais causas especiais que possam surgir. No trabalho aqui desenvolvido usam-se amostras de grande dimensão, pois o equipamento de monitorização (modo como as embalagens são pesadas e em que período de tempo) assim obriga. Note-se que a cadência das máquinas pode atingir os 70 pacotes/minuto, o que faz com que se seja obrigado a trabalhar com amostras à volta de 1000 embalagens.

Como as Chefes de Linha retiram o valor do peso médio e o desvio padrão de hora a hora, pretende-se que deixem de desafinar as máquinas de hora a hora, passando a actuar de imediato apenas quando é necessário: devem estar muito atentas e fazer alterações apenas

quando os valores do peso médio e do desvio padrão ultrapassarem os respectivos limites de controlo.

Abaixo encontram-se as respectivas cartas de controlo para as duas linhas de embalagem nos diferentes produtos e gramagens. Estas cartas foram construídas com um intervalo de confiança de 95%, sendo usados os valores do peso médio das amostras.

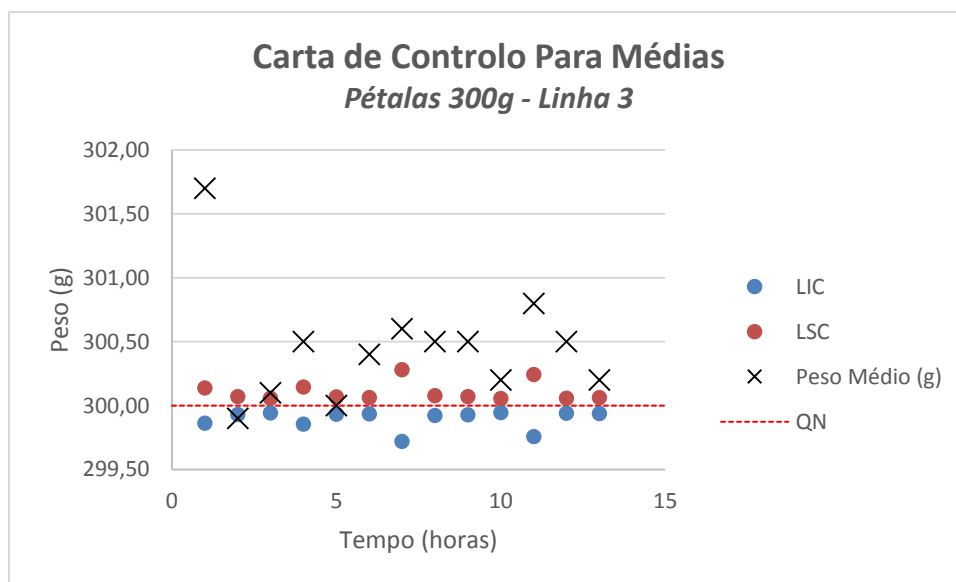


Figura 29- Carta de controlo de médias para pétalas com QN 300g, embaladas na linha 3

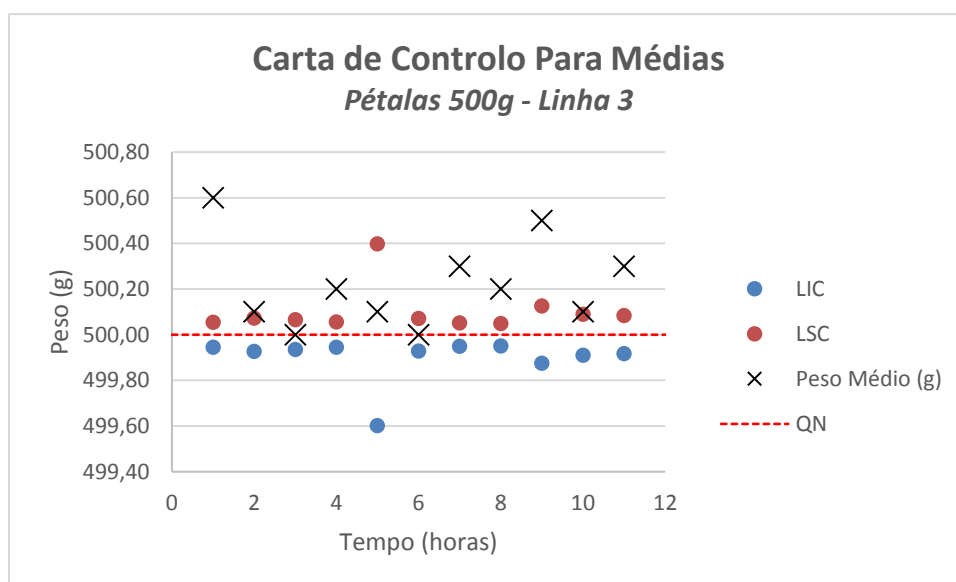


Figura 30 - Carta de controlo de médias para pétalas com QN 500g, embaladas na linha 3

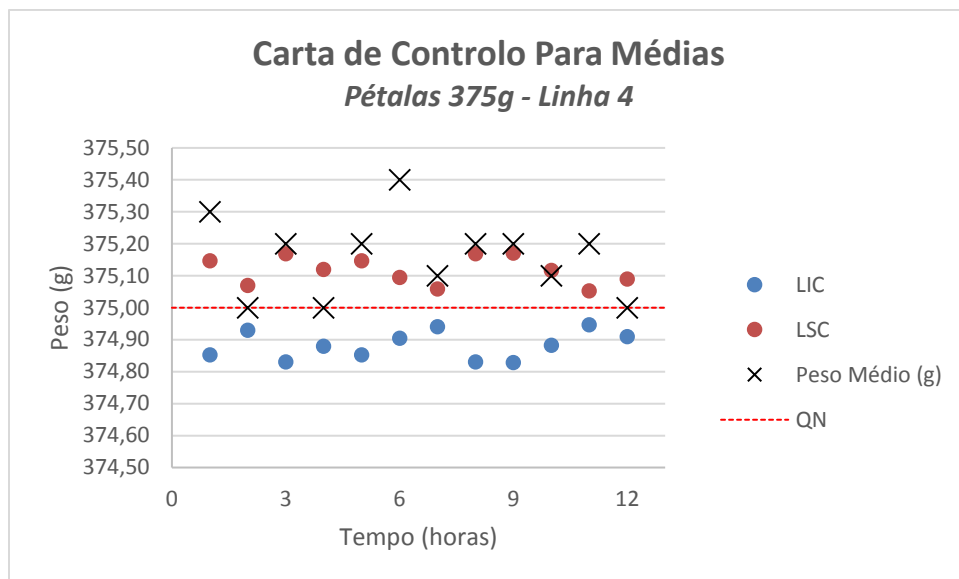


Figura 31 - Carta de controlo de médias para pétalas com QN 375g, embaladas na linha 4

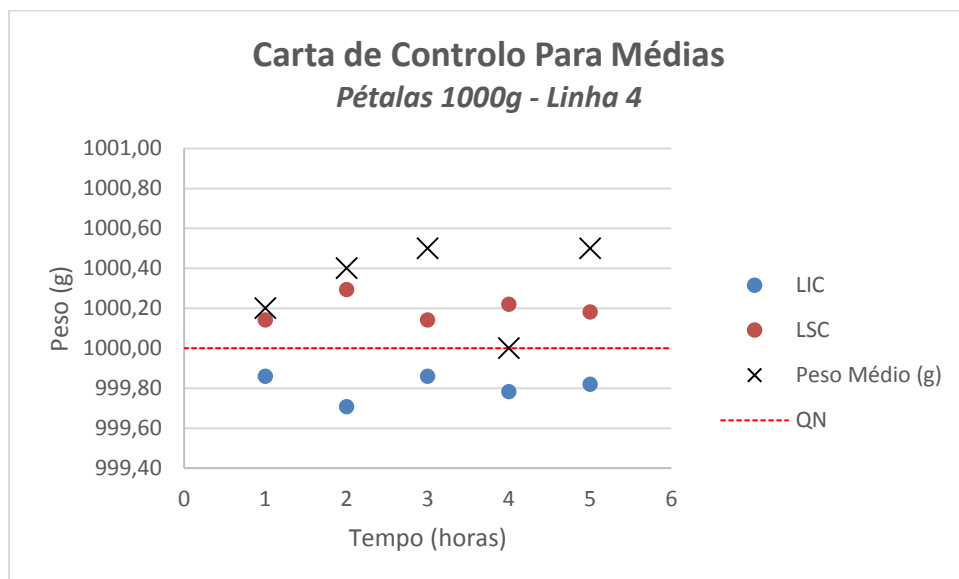


Figura 32 - Carta de controlo de médias para pétalas com QN 1000g, embaladas na linha 4

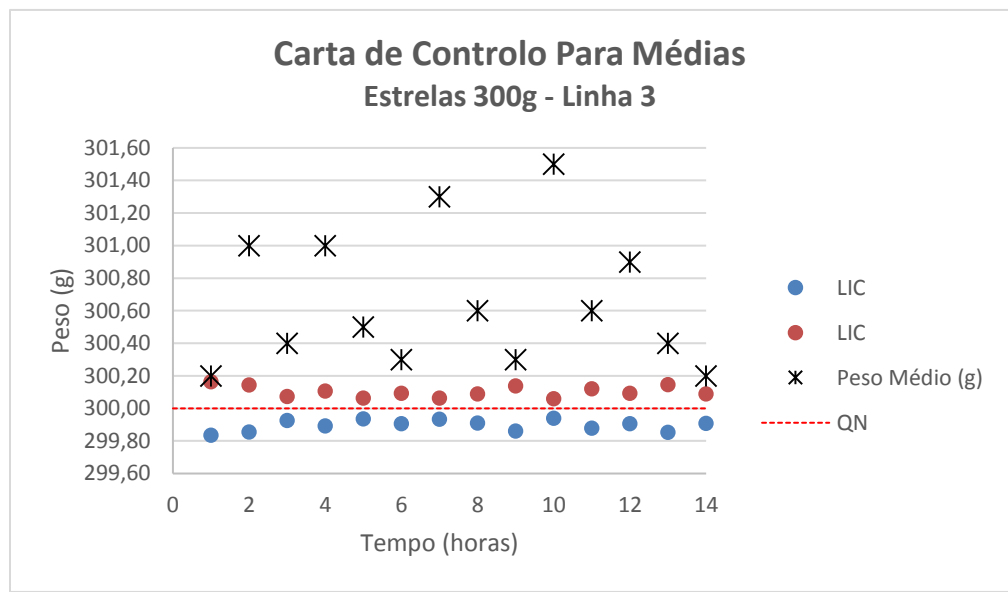


Figura 33 - Carta de controlo de médias para estrelas com QN 300g, embaladas na linha 3

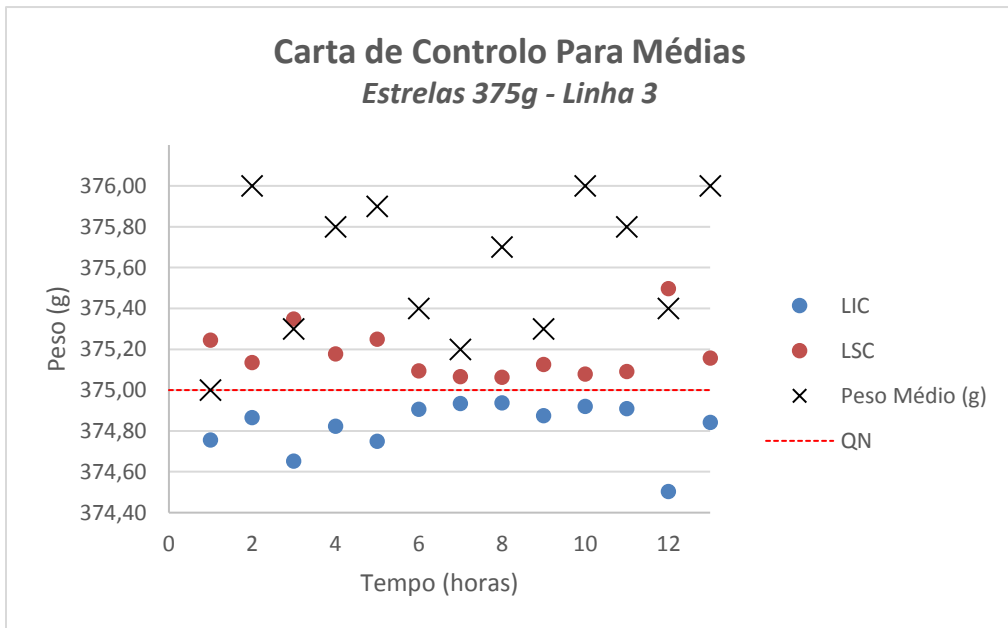


Figura 34 - Carta de controlo do desvio padrão para estrelas com QN 375g, embaladas na linha 3

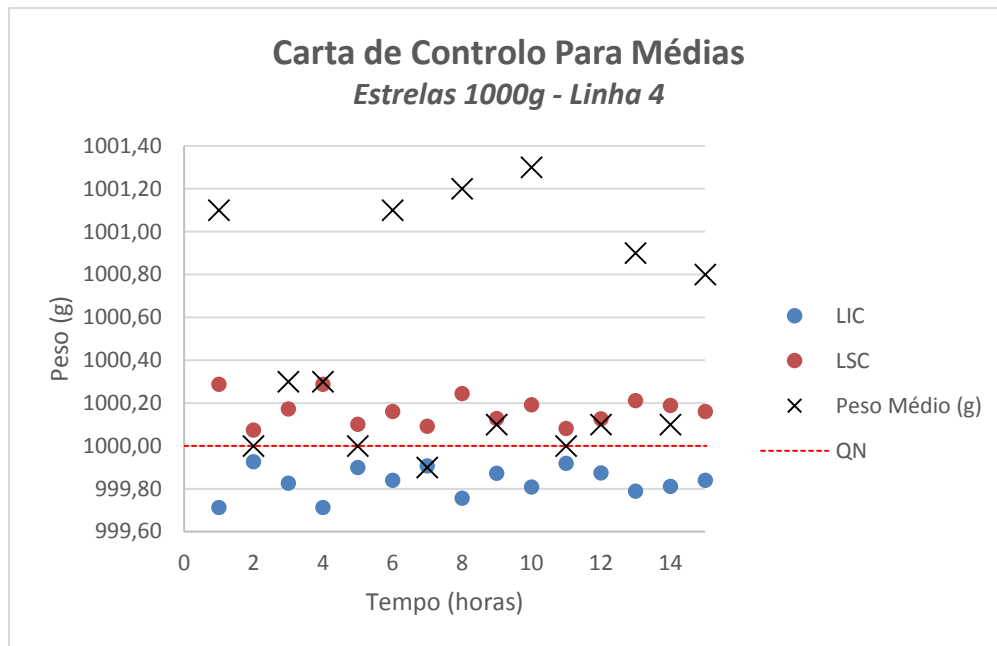


Figura 35 - Carta de controlo de médias para estrelas com QN 1000g, embaladas na linha 4

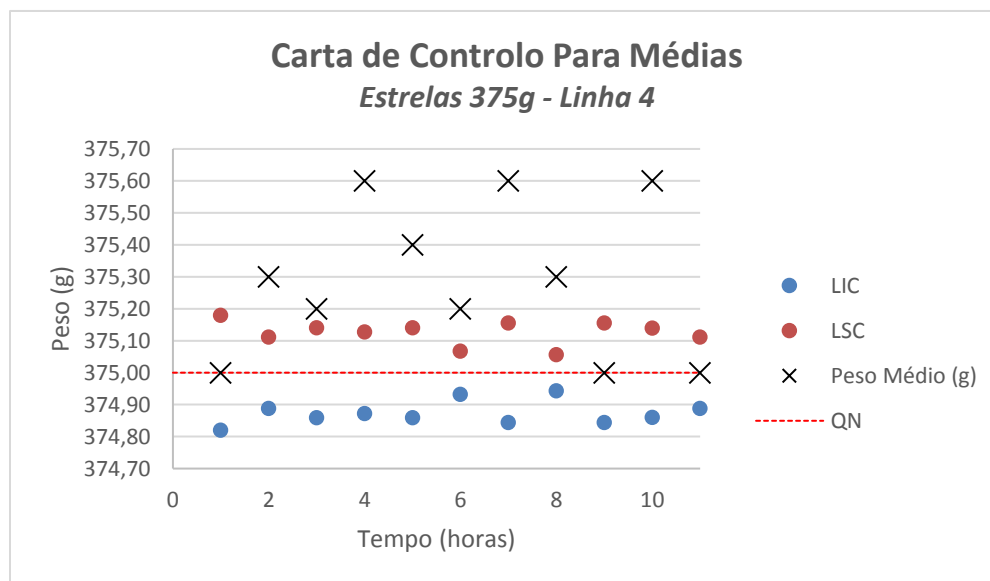


Figura 36 - Carta de controlo de médias para estrelas com QN 375g, embaladas na linha 4

Com a observação das ilustrações acima podemos constatar que os limites superiores e inferiores de controlo não são uma linha reta, isto é, devido às amostras não serem todas do mesmo tamanho. Todas as cartas de controlo das médias mostram que existe ainda margem para baixar um pouco as gramagens, cumprindo a legislação aplicável sem que tal prejudique os consumidores. As cartas mostram também que esses ajustamentos podem ser feitos com total confiança, uma vez que os seus impactos são constantemente monitorizados através das cartas de controlo da qualidade.

As balanças multicabeçais são equipamentos muito preciso em relação aos aspetos legais e à especificação seguida na empresa, os resultados mostram que as especificações podem ser alteradas, colocando limites muito mais apertados, para que o controlo possa ser muito mais eficaz, tirando as variações de pesos embalados e dos desvios padrão mais visíveis.

Ao longo da produção as Chefes de Linha continuarão a retirar o valor do peso médio, desvio padrão e tamanho da amostra e vão inserir estes dados numa base de dados que automaticamente construirá uma carta de controlo de qualidade onde poderão ver como se encontra o processo. Quando verificarem que os valores fogem dos limites de controlo poderão proceder a ajustes pedindo mais ou menos gramagem às balanças. Outro fator visível é que quando estes valores estiverem constantemente a ultrapassar os limites de controlo é sinal que devem proceder a uma limpeza das balanças.

Com a explicação do funcionamento das cartas de controlo às Chefes de Linha, bem como a maneira que deveriam atuar quando os valores dos pesos médios saíssem dos limites, foi bem aceite.

Não se constatou problemas consideráveis ou inesperados no cumprimento dos novos procedimentos estabelecidos, visto que não exigiu a aquisição de novas competências dos operadores, mas sim em mudanças de rotinas de trabalho.

Com a formação adequada como deve ser realizada a calibração da controladora de peso as Chefes de Linha foram estimuladas a prosseguir as indicações dadas visto que estariam a contribuir para o correto funcionamento do processo de controlo metrológico. Sendo a Cerealis uma empresa com condições de trabalho invejáveis em Portugal e dada a

conjuntura atual do mercado de trabalho, os operadores colocaram em mente a necessidade de diminuir os custos relacionados com a qualidade e para dessa forma a Cerealis continuar como uma das melhores empresas ligadas á área alimentar. Portanto, a aceitação da maioria dos operadores foi positiva, existindo alguns operadores reticentes nos novos procedimentos de trabalho, mas concluíram que as ações implementadas iriam facilitar o decorrer das tarefas produtivas e potenciar o correto funcionamento do processo.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal utilizar o método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) do programa Seis Sigma, na implementação de um projeto de melhoria. Inicialmente, foi apresentado o programa Seis Sigma e as principais técnicas e ferramentas estatísticas sugeridas, pelos autores consultados, em cada etapa do método DMAIC.

Foi desenvolvido um projeto de melhoria para avaliação do controlo metrológico no embalamento de cereais de pequeno almoço, com a finalidade de diminuir a variabilidade existente entre as gramagens, e a gramagem que a empresa estava a oferecer a mais, seguindo as cinco etapas do método DMAIC.

O protótipo de priorização das variáveis do processo utilizado na etapa definir mostrou-se consistente na obtenção das informações necessárias para dar prosseguimento às etapas subsequentes do método. O diagrama de causa e efeito que se originou do brainstorming, realizado com a equipe Seis Sigma, possibilitou o levantamento criterioso das variáveis críticas do processo. A sequência do estudo, com a utilização da matriz de causa e efeito, viabilizou o agrupamento de algumas variáveis afins, facilitando o estudo e enfatizando a criticidade de determinadas variáveis.

Na fase de recolha de dados da etapa medir evidenciou-se um bom planeamento e técnica para uma boa recolha de dados.

Durante a análise dos dados, confirmou-se a importância do conhecimento técnico para a condução do estudo e interpretação dos resultados provenientes dos tratamentos estatísticos. Em relação às etapas Melhorar e Controlar constatou-se que algumas ações de melhorias referentes a estas etapas podiam ser implementadas durante o andamento do projeto em função do baixo investimento e facilidade na implementação, entre elas temos a calibração da controladora de peso 3 vezes por turno, onde consiste em primeiro lugar dar formação às chefes de linha e normalizar esta operação para que assim seja de fácil acesso e fácil interpretação.

Outro fator são as limpezas da balança Multicabeçal e de todos os seus constituintes, pois a acumulação de pós fazem com que as mesmas fiquem mal calibradas ao longo do tempo.

A construção de cartas de controlo para a variação do peso médio é essencial, assim as Chefes de Linha observam o comportamento do peso médio ao longo tempo e quando verificarem uma alteração aos limites propostos atuem de imediato para combater o problema.

Em relação aos resultados do projeto, concluiu-se que a calibração das controladoras de peso, a limpeza das balanças com posterior calibração e as práticas de rotina das Chefes de Linha são as variáveis de processo priorizadas para serem melhor investigadas na etapa de análise.

Com referencia ao peso médio embalado nas diferentes gramagens nas duas linhas de embalamento, conclui-se que estes se encontram acima do peso nominal indo de encontro aos requisitos impostos por lei, sendo que o objetivo seria reduzir este peso médio, o que se verificou na etapa melhorar. O peso médio foi reduzido não as 2g inicialmente propostas, mas sim em 1g. Em alguns casos estes 2g propostos não podiam ser atingidos pois se assim fosse iriam contra a legislação aplicável.

As ações de melhoria propostas ao longo do processo de embalamento, são a calibração das controladoras de peso 3 vezes por turno, realizada em duas etapas, a calibração estática e depois dinâmica, a limpeza das balanças e das pás doseadoras uma vez por turno preferencialmente a meio do turno.

Em relação ao valor do nível sigma constatou-se que o valor já era alto, mas com o processo de intervenção ainda se conseguiu aumentar este valor. Os valores são elevados pois a legislação aplicável no que refere aos limites estabelecidos é aplicável a vários países e também a todo o tipo de equipamentos desde os mais antigos que produzem maior numero de defeituosos até aos mais recentes que possuem maior precisão.

A construção de procedimentos internos, onde indica o modo como se calibram as controladoras de peso e os pontos onde se irá fazer limpeza das balanças são fatores

essenciais, é de notar-se que as operadoras necessitam de formação continua. Outro fator a salientar é quando a densidade dos cereais se encontra mais elevada dificultando que os mesmos caibam dentro da dimensão da embalagem, sensibilizar as operadoras que o facto de aumentarem a embalagem irá interferir no peso nominal embalado, pois a tara do película na realidade não vai ser a tara que se encontra na controladora de peso, este ponto é crucial pois por vezes poderá estar a embalar-se quantidade nominais abaixo da quantidade nominal pretendida, trazendo reclamações e consequentemente coimas para a empresa.

5.1.SUGESTÕES DE MELHORIA

O trabalho foi desenvolvido no processo produtivo de uma empresa de grande porte que apresenta um perfil maduro com relação ao conhecimento e a prática dos conceitos da qualidade, sugere-se novas pesquisas nos restantes produtos e nas restantes linhas de embalamento e posteriormente alargar este conceito às restantes empresas do grupo.

Sugere-se também que o método DMAIC seja testado em todas as áreas da empresa, para se avaliar a necessidade de adequação, substituição ou a inclusão de outras ferramentas estatísticas no desenvolvimento das etapas do método.

Sugere-se ainda uma alteração ao processo de monitorização das controladoras de peso de forma a que esta registe amostras de menor dimensão, para assim ter dados mais fáceis de trabalhar.

6. BIBLIOGRAFIA

Arnheiter, E. D.; Maleyeff, J. The integration of lean management and Six Sigma. The TQM Magazine, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.

Antony, J.; Banuelas, R. Key Ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. Measuring Business Excellence, v. 6, n. 4, p. 20-27, 2002.

Antony, Jiju, Antony, F. J., Kumar, M., & Cho, B. R. Six sigma in service organisations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors. International Journal of Quality Reliability Management, 24(3), 294-311, 2007.

Breyfogle III, F. W. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. Technometrics (pp. 1187). John Wiley & Sons, 2003.

Caulcutt, R. The rights and wrongs of control charts. Applied Statistics, [S. l.]: v. 44, n.3, p. 279-288, 1995.

Carvalho, M. M.; Paladini, E. P. (2005) Gestão da qualidade: teoria e casos. 304 p outros (Juran E Gryna, 1992; Feingenbaum, 1954; Deming, 1990; Crosby, 1990; Ishikawa, 1997).

Cervo, Amando Luiz; Bervian, Pedro Alcino; Da Silva, Roberto. Metodologia Científica. 6ª Ed. Pearson Prentice Hall, 2007.

Chakrabarty, A., & Tan, K. C. The current state of six sigma application in services. Managing Service Quality , 17(2), 194-208, 2007.

Coronado, R. B.; Antony, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. The TQM Magazine Journal, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.

Esteves E., Dept.º Engenharia Alimentar – Instituto Superior Engenharia, Universidade do Algarve, 2009

- Eckes, G. Making Six Sigma Last. Ivey Business Journal, v. 66, n. 3, p. 77-81, 2002.
- Garvin, D. A. Managing quality: the strategic and competitive edge. EUA, New York: Harvard Business School, 1998.
- Grant, E. I.; Leavenworth, R. S. Statistical Quality Control. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 1972.
- Hammer, M. (2002) Process management and the Six Sigma. MIT Sloan Management Review, p. 26-33, Winter, 2002.
- Harry, M. J. A New Definition Aims to Connect Quality With Financial Performance. Quality Progress, Milwaukee: v. 33, n. 1, p. 64-66, Jan, 2000.
- Harry, M. J. Six sigma: A breakthrough strategy for profitability. Quality Progress, Milwaukee: v. 31, n. 5, p. 60-64, May 1998.
- Harry, M. J. The Quality Twilight Zone. Quality Progress, Milwaukee: v. 33, n. 2, p. 68- 71, Feb. ,2000.
- Harry, M. J.; Schroeder, R. Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. New York: Doubleday, 2000.
- Henderson, M. H.; Evans, J. R. Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. Benchmarking An International Journal, v. 7, n. 4, p. 260-281, 2000.
- Hoerl, R. W. Six Sigma and the future of the quality profession. IEEE Engineering Management, fall, p. 87-94, 1998.
- Klefsjö, B.; WIKLUND, N.; Edegman, R. L. Six Sigma seen as a methodology for total quality management. Measuring Business Excellence, v. 5, n. 1, p. 31-35, 2001
- Kwak, Y., & ANBari, F. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. Technovation, 2006
- Kume, H. Métodos Estatísticos para a Melhoria da Qualidade. 3. ed. Gente, 1993.

Lynch, D. P.; Cloutier, E. T. 5 steps to success. ASQ Six Sigma Forum Magazine, Milwaukee: v. 2, n. 2, p. 27-33, 2003.

Lucas, J. M. The Essential Six Sigma. Quality Progress, Milwaukee: v. 35, n. 1, p. 27-31, 2002.

Alves, M. R., Cadernos de Tecnologia Alimentar, Ferramentas da Qualidade, Para A Industria Alimentar – Analise da Capacidade e Desempenho de Processos – Instituto Politecnico de Viana do Castelo, 2013

Alves, M. R, Cadernos de Tecnologia Alimentar, Ferramentas da Qualidade Para a Indústria Alimentar Parte 6: Inspeção de Lotes Por Atributos – Instituto Politecnico de Viana do Castelo, 2016

Marash, S. A. Six Sigma: Business Results Through Innovation. Quality Congress. ASQ's 54th Annual Quality Congress Proceedings, Milwaukee: p. 627-630, 2000.

Mason, J.; Antony, J. Statistical process control: an essential ingredient for improving service and manufacturing quality. Managing Service Quality, Bradford: v. 10, n. 4, p. 233-238, 2000.

Matos, J. L. Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC, 2003.

Mehrjerdi, Y. Z. Six-Sigma : Methodology , Tools and its Future. Assembly Automation, 31(1), 1-20, 2011

Montgomery, D. C. Design and Analysis of Experiments. 5. ed. New York: John Wiley and Sons, 2001.

Montgomery, D. C. Introduction to Statistical Quality Control. 3. ed. New York: John Wiley and Sons, 1996.

Montgomery, D. C.; Peck, E. A. Introduction to Linear Regression Analysis. New York: John Wiley and Sons, 1982.

Montgomery, D. C.; Runger, G. C. Applied Statistics and Probability for Engineers. 2. ed. New York: John Wiley and Sons, 1999.

Motwani, J; Kumar, A.; Antony, J. A business process change framework for examining the implementation of six sigma: a case study of Dow Chemicals. The TQM Magazine, v. 16, n. 4, p. 273-283, 2004.

Ribeiro, J. L. D.; Caten, C. S. Estatística Industrial. Porto: Feeng – Ufrgs, 2001.

Ribeiro, J.L.D.; Caten, C. S. Controle Estatístico do Processo. Série Monográfica Qualidade: FEENG - UFRGS, 2001.

Ribeiro, J. L. D.; Echeveste, M. E.; Danilevycz, A. M. F. A Utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços: Feeng - Ufrgs, 2001.

Pande, P. S., Neuman R. P., Cavanagh, R. R. Estratégia Seis Sigma. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho: Qualitymark, 2001.

Patel, R., & Davidson, B. The basics of research methodology: To plan, perform and report na inquiry (2nd ed.). Stockholm: Studentlitteratur, 1994.

Pinto, João Bosco Guedes. Pesquisa-Ação: Detalhamento de sua sequência metodológica. 1989, Mimeo.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. Research Methods for Business Students. (E. U. P. Hall, Ed.)World Wide Web Internet And Web Information Systems (p. 656). Pearson Education Limited, 2007.

Seth, N., Deshmukh, S. G., & Vrat, P. (2005). Service quality models: a review. International Journal of Quality Reliability Management, 22(9), 913-949. Bradford, West Yorkshire: MCB University Press, 198.

Shewhart, Walter Andrew. Statistical method from the viewpoint of quality control. (W. Edwards Deming). Washington, The Graduate School, 1999.

Snee, R. D. The project selection process. Milwaukee: Quality Progress, Milwaukee: v. 35,n. 9, p. 78-80, Sept, 2002.

Stenberg, A. B.; Deleryd, M. Implementation of statistical process control and process capability studies: requirements or free will? Total Quality Management, Oxford Shire: v.10, n. 4, p. 439-446, 1999.

Stoumbos, G. Z. Process capability indices: overview and extensions. Nonlinear Analysis: Real World Applications, v. 3, n. 2, p. 191-210, 2002.

Udler, D. M.; Zaks, A. L. Use Ppk and Cpk to Reduce Customer Conflicts. Manufacturing Engineering, Milwaukee: v. 118, n. 3. 1997.

Werkema, M. C. C. Criando a cultura Seis Sigma. Qualitymark, 2002.

Werkema, M. C. C.; Aguiar, S. Análise de Regressão: como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo, 1996.

Woodall, W. H. Controversies and contradictions in statistical process control. Milwaukee: Journal of Quality Technology, Milwaukee: v. 32, n. 4, p. 341-350, 2000.

Woodall, W. H.; Montgomery, D. C. Research issues and ideas in statistical process control. Journal of Quality Technology, Milwaukee: v. 31, n. 4, p. 376-387, 1999.

Young, A. Six Sigma: creating an advantage competitive. The Virtual Strategist, p. 38-41, 2001.

7. ANEXOS

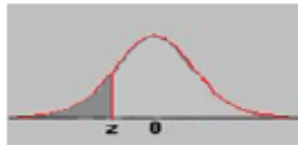
Anexo A - Folha de registros para recolha de dados nas linhas de embalagem

FOLHA DE REGISTO			
PRODUTO:			
GRAMAGEM:			
LINHA DE EMBALAMENTO:			
OPERADOR:			
HORA	PESO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	Nº DE SACOS ACEITE

Anexo B - tabela 6 sigma

Valores da tabela expressos em PPM, i.e., $P(-\infty \leq z_i \leq Z) \times 1.000.000$

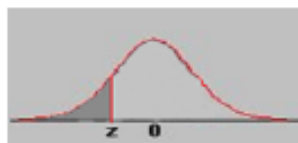
valores da distribuição normal
multiplicados por 1.000.000
sendo interpretados como PPM
área entre $-\infty$ e z
de $z = -3,09$ a $z = 0,00$



z	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0
-6	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0009	0,0009	0,0010
-5,9	0,0010	0,0011	0,0012	0,0013	0,0013	0,0014	0,0015	0,0016	0,0017	0,0018
-5,8	0,0019	0,0021	0,0022	0,0023	0,0025	0,0026	0,0028	0,0029	0,0031	0,0033
-5,7	0,0035	0,0037	0,0040	0,0042	0,0045	0,0047	0,0050	0,0053	0,0056	0,0060
-5,6	0,0064	0,0067	0,0071	0,0076	0,0080	0,0085	0,0090	0,0095	0,0101	0,0107
-5,5	0,0114	0,0120	0,0127	0,0135	0,0143	0,0151	0,0160	0,0169	0,0179	0,0190
-5,4	0,0201	0,0213	0,0225	0,0238	0,0252	0,0266	0,0282	0,0298	0,0315	0,0333
-5,3	0,0352	0,0372	0,0394	0,0416	0,0440	0,0465	0,0491	0,0519	0,0548	0,0579
-5,2	0,0612	0,0645	0,0682	0,0720	0,0760	0,0803	0,0848	0,0895	0,0944	0,0995
-5,1	0,1051	0,1109	0,1170	0,1235	0,1302	0,1374	0,1449	0,1528	0,1611	0,1698
-5	0,1790	0,1887	0,1989	0,2096	0,2209	0,2328	0,2452	0,2584	0,2722	0,2867
-4,9	0,3019	0,3179	0,3348	0,3525	0,3711	0,3906	0,4111	0,4327	0,4554	0,4792
-4,8	0,5042	0,5304	0,5580	0,5869	0,6173	0,6492	0,6827	0,7178	0,7547	0,7933
-4,7	0,8339	0,8765	0,9211	0,9680	1,0171	1,0686	1,1226	1,1792	1,2386	1,3008
-4,6	1,3660	1,4344	1,5060	1,5810	1,6597	1,7420	1,8283	1,9187	2,0133	2,1125
-4,5	2,2162	2,3249	2,4386	2,5577	2,6823	2,8127	2,9492	3,0920	3,2414	3,3977
-4,4	3,5612	3,7322	3,9110	4,0980	4,2935	4,4979	4,7117	4,9350	5,1685	5,4125
-4,3	5,6675	5,9340	6,2123	6,5031	6,8069	7,1241	7,4555	7,8015	8,1627	8,5399
-4,2	8,9337	9,3447	9,7736	10,2213	10,6885	11,1760	11,6846	12,2151	12,7685	13,3457
-4,1	13,9477	14,5755	15,2300	15,9124	16,6238	17,3653	18,1382	18,9436	19,7830	20,6575
-4	21,5687	22,5179	23,5066	24,5364	25,6088	26,7256	27,8884	29,0991	30,3594	31,6712
-3,9	33,0366	34,4576	35,9363	37,4749	39,0756	40,7408	42,4729	44,2745	46,1481	48,0863
-3,8	50,1221	52,2282	54,4177	56,6935	59,0589	61,5172	64,0716	66,7258	69,4834	72,3480
-3,7	75,3236	78,4142	81,6238	84,9567	88,4173	92,0101	95,7399	99,6114	103,6296	107,7997
-3,6	112,1270	116,6170	121,2752	126,1076	131,1202	136,3190	141,7106	147,3015	153,0985	159,1086
-3,5	165,3390	171,7971	178,4906	185,4274	192,6156	200,0635	207,7798	215,7734	224,0533	232,6291
-3,4	241,5103	250,7069	260,2292	270,0877	280,1933	290,5571	301,1796	312,1057	324,3144	336,9193
-3,3	349,4631	362,4291	375,8409	389,7124	404,0578	418,8919	434,2299	450,0872	466,4799	483,4241
-3,2	500,9369	519,0354	537,7374	557,0611	577,0250	597,6485	618,9511	640,9530	663,6749	687,1379
-3,1	711,3640	736,3753	762,1947	788,8457	816,3523	844,7392	874,0315	904,2552	935,4367	967,6032
-3	1000,7825	1035,0030	1070,2939	1106,6850	1144,2068	1182,8907	1222,7687	1263,8734	1306,2384	1349,8960

Valores da tabela expressos em PPM, i.e., $P(-\infty \leq z_i \leq Z) \times 1.000.000$


valores da distribuição normal
multiplicados por 1.000.000
sendo interpretados como PPM
área entre $-\infty$ e $-z$
de $z = -3,09$ a $z = 0,00$




z	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0
-3	1000,78	1035,00	1070,29	1106,68	1144,21	1182,89	1222,77	1263,87	1306,24	1349,90
-2,9	1394,89	1441,24	1489,00	1538,20	1588,87	1641,06	1694,81	1750,16	1807,14	1865,81
-2,8	1926,21	1988,38	2052,36	2118,21	2185,96	2255,68	2327,40	2401,18	2477,07	2555,13
-2,7	2635,40	2717,94	2802,81	2890,07	2979,76	3071,96	3166,72	3264,10	3364,16	3466,97
-2,6	3572,60	3681,11	3792,56	3907,03	4024,59	4145,30	4269,24	4396,49	4527,11	4661,19
-2,5	4798,80	4940,02	5084,93	5233,61	5386,15	5542,62	5703,13	5867,74	6036,56	6209,67
-2,4	6387,15	6569,12	6755,65	6946,85	7142,81	7343,63	7549,41	7760,25	7976,26	8197,54
-2,3	8424,19	8656,32	8894,04	9137,47	9386,71	9641,87	9903,08	10170,44	10444,08	10724,11
-2,2	11010,66	11303,84	11603,79	11910,63	12224,47	12545,46	12873,72	13209,38	13552,58	13903,45
-2,1	14262,12	14628,73	15003,42	15386,33	15777,61	16177,38	16585,81	17003,02	17429,18	17864,42
-2	18308,90	18762,77	19226,17	19699,27	20182,22	20675,16	21178,27	21691,69	22215,59	22750,13
-1,9	23295,47	23851,76	24419,19	24997,90	25588,06	26189,84	26803,42	27428,95	28066,61	28716,56
-1,8	29378,98	30054,04	30741,91	31442,76	32156,77	32884,12	33624,97	34379,50	35147,89	35930,32
-1,7	36726,96	37537,98	38363,57	39203,90	40059,16	40929,51	41815,14	42716,22	43632,94	44565,46
-1,6	45513,98	46473,66	47459,88	48457,23	49471,47	50502,58	51550,75	52616,14	53698,93	54799,29
-1,5	55917,40	57053,43	58207,56	59379,94	60570,76	61780,18	63008,36	64255,49	65521,71	66807,20
-1,4	68112,12	69436,62	70780,88	72145,04	73529,26	74933,70	76358,51	77803,84	79269,84	80756,66
-1,3	82264,44	83793,32	85343,45	86914,96	88507,99	90122,67	91759,14	93417,51	95097,92	96800,48
-1,2	98525,33	100272,57	102042,32	103834,68	105649,77	107487,70	109348,55	111232,44	113139,45	115069,67
-1,1	117023,20	119000,11	121000,48	123024,40	125071,94	127143,15	129238,11	131356,88	133499,51	135666,06
-1	137856,57	140071,09	142309,65	144572,30	146859,06	149169,95	151505,00	153864,23	156247,65	158655,25
-0,9	161087,06	163543,06	166023,25	168527,61	171056,13	173608,78	176185,54	178786,38	181411,25	184060,13
-0,8	186732,94	189429,65	192150,20	194894,52	197662,54	200454,19	203269,39	206108,05	208970,09	211855,40
-0,7	214763,88	217695,44	220649,95	223627,29	226627,35	229650,00	232695,09	235762,50	238852,07	241963,65
-0,6	245097,09	248252,23	251428,90	254626,91	257846,11	261086,30	264347,29	267628,89	270930,90	274253,12
-0,5	277595,32	280957,31	284338,85	287739,72	291159,69	294598,52	298055,97	301531,79	305025,73	308537,54
-0,4	312066,95	315613,70	319177,51	322758,11	326355,22	329968,55	333597,82	337242,73	340902,97	344578,26
-0,3	348268,27	351972,71	355691,25	359423,57	363169,35	366928,26	370699,98	374484,17	378280,48	382088,58
-0,2	385908,12	389738,75	393580,13	397431,89	401293,67	405165,13	409045,88	412935,58	416833,84	420740,29
-0,1	424654,57	428576,28	432505,07	436440,54	440382,31	444330,00	448283,21	452241,57	456204,69	460172,16
0	464143,61	468118,63	472096,83	476077,82	480061,19	484046,56	488033,53	492021,69	496010,64	500000,00

Anexo C- Modo de Calibração da Controladora de peso


Premir a tecla **F5** **CALIBR**.




Premir a tecla **SELECT** para visualizar a tecla **F2** **TEST S**.



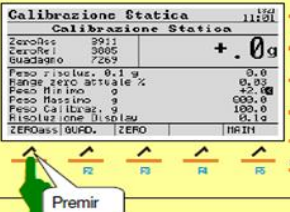
Premir a tecla **F2** **TEST S**.



Na página principal premir uma vez a tecla **SELECT** para visualizar o conjunto de teclas **F1 F2 F3 F4 F5** representando:



Premir a tecla **F1** **ZEROass** Para efectuar o zero absoluto do aparelho.



Posicionar o cursor no campo **Peso Calbra.** utilizando as teclas **↑ ↓**.

Digitar o valor do peso da massa amostra certificada de referência que se vai usar.

Confirmar a introdução do valor premindo a tecla **ENTER**.

Posicionar a massa amostra de referência no prato de pesagem.

Premir a tecla **F2** **GUAD** para efectuar a comparação relativamente à massa usada.

